

# الباب الثاني 2

# البيولوجيا الجزيئية

الفصل 1 الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

الفصل 2 الأحماض النووية وتخليق البروتين

# الفصل الأول 1

# الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

## أهداف الفصل

**في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن**

- يتعرف دور العلماء في معرفة مادة الوراثة.
- يتعرف تركيب الحمض النووي DNA.
- يتعرف كيفية تضاعف DNA وأهمية ذلك بالنسبة للخلايا.
- يقدر دور العلماء في التوصل إلى تركيب لولب DNA وتضاعفه.
- يستنتج الفروق بين DNA في أوليات وحقيقيات النواة.
- يتخيل طول DNA وكيف يتم تكثيفه ليشغل حيزاً
- صغيراً بالنواة. يتعرف تركيب المحتوى الجيني.
- يتعرف الطفرات وأنواعها.
- يكتشف أسباب الطفرة ونواتجها.

الدرس 1: جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحي

الدرس 2: الحمض النووي DNA

الدرس 3: تابع الحمض النووي DNA

## أهم المفاهيم

- البيولوجيا الجزيئية.
- الجينات.
- التحول البكتيري.
- البوليمرات.
- أوليات النواة.
- حقيقيات النواة.
- الكروماتين.
- النيوكليوسومات.
- المحتوى الجيني.
- DNA المتكور.

# الباب 2

# جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحي

## الفصل 1 | الدرس 1

## التمهيد

✦ هل تساءلت يوما : ما الخصائص التي تجعلك مميزًا عن زملائك في المدرسة ؟ قد يكون شعرك المجعد أو لون بشرتك أو لون عينيك. هل شاركك أحد أفراد عائلتك هذه الصفات ؟ أُنظر من حولك، ما الصفات التي يتقاسمها أفراد العائلات الأخرى ؟ هناك عدد كبير من العائلات الحيوانية - أيضا - مثل الدببة والبوم والذئاب والخنازير والكثير غيرها، لماذا يتشابه أفراد كل عائلة من هذه العائلات ؟

- يتساءل كل والدين ينتظران مولودًا جديدًا كيف سيبدو طفلهما. هل سيكون صبيًا أم فتاة ؟ هل سيشبه أنفه أنف أبيه أم أمه ؟ هل سيكون لون عينيه أزرقَ أم بنيًا ؟ هل سيولد بصحة جيدة ؟

- في الماضي، ما كان للوالدين سوى أن يتوقعا الإجابات عن هذه الأسئلة.
- أما اليوم، فأصبحا يملكان كمًا من المعلومات تساعدهما على توقع بعض الصفات التي قد يحملها طفلاهما وذلك من خلال أحد مجالات العلوم الحديثة والذي يسمى «علم البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology».

### علم البيولوجيا الجزيئية

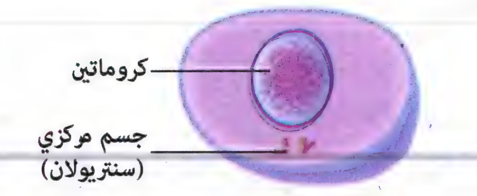
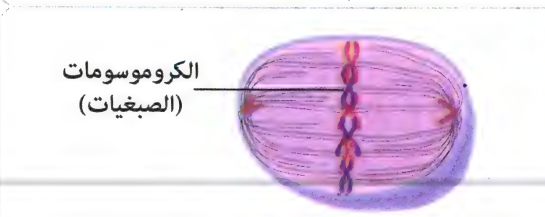
أحد مجالات العلم الحديث الذي يهتم بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة DNA وهو يتقدم بسرعة كبيرة جدًا.

والآن تعالوا نتعرف معًا على بعض المفاهيم الهامة قبل التعمق قليلًا في بعض فروع هذا العلم الرائع !

✪ يمكن تقسيم الكائنات الحية إلى نوعين أساسيين هما:

1. أوليات النواة: تكون مادتها الوراثية غير محاطة بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم، مثل: البكتيريا.
2. حقيقيات النواة: تكون مادتها الوراثية محاطة بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم والعضيات الخلوية، مثل: خلايا الإنسان.

✪ تحتوي خلايا حقيقيات النواة على نواة يوجد بداخلها المادة الوراثية في صورة كروماتين أو كروموسومات حسب الوضع الانقسامي للخلية كالتالي:

| | في الوضع الطبيعي (غير الانقسامي) | في الوضع الانقسامي للخلية |
|---|---|---|
| التوضيح | تتواجد المادة الوراثية في صورة شبكة متداخلة من الحمض النووي DNA ومجموعات مختلفة من البروتينات تعرف مجتمعة بـ«الكروماتين». | تنتظم المادة الوراثية في صورة أجسام عصوية يمكن رؤيتها تحت الميكروسكوب بعد صبغها بصبغة خاصة في صورة أجسام ملونة تعرف بـ«الكروموسومات أو الصبغيات» وتكون أكثر وضوحًا في الطور الاستوائي أثناء انقسام الخلية. |
| الشكل |   |   |

## التركيب الكيميائي للكروموسومات

- استطاع العلماء عزل الكروموسومات من الخلايا المختلفة وتحليلها للتعرف على تركيبها الكيميائي ودراسة خصائصها بواسطة عدة طرق مختلفة نستنتج منها ما يلي:

تتكون الكروموسومات من وحدات بنائية كبيرة تعرف بـ"البوليمرات" يتكون كل منها من ارتباط عدة وحدات بنائية أصغر تعرف بـ(المونيمرات)، وهي أحد مركبين أساسيين هما:

1. **الحمض النووي DNA** (بوليمر) يتكون من ارتباط عدد كبير من النيوكليوتيدات (مونيمر).
2. **البروتين** (بوليمر) يتكون من ارتباط عدد كبير من الأحماض الأمينية (مونيمر).

- وقد لاحظ العلماء أن كل تتابع معين من الوحدات البنائية على الكروموسومات يتحكم في إظهار صفة وراثية معينة مثل صفة لون العيون والتي تنتقل من جيل لآخر وقد أطلق العلماء على هذه الوحدات مصطلح «الچينات».

**الچين**

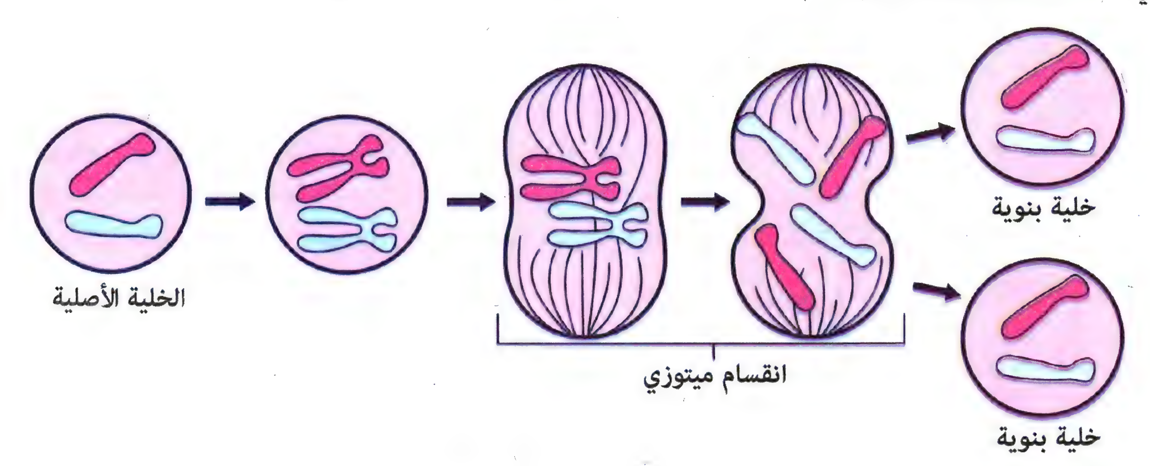
تتابع من النيوكليوتيدات على الحمض النووي مسئول عن إظهار صفة وراثية معينة عن طريق تصنيع بروتين محدد مثل جين تكوين هرمون الإنسولين.



**التركيب الكيميائي للمادة الوراثية**

- اعتقاد العلماء أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية ... فسر ؟!

- لأنه أثناء الانقسام الميتوزي للخلية تنفصل الصبغيات إلى مجموعتين متماثلتين بحيث يصبح لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية وهذا دليل على أن الصبغيات هي التي تحمل المعلومات الوراثية.




- نستنتج مما سبق أن المادة الوراثية تنتظم في صورة كروموسومات تتكون من مزيج من البروتينات والحمض النووي DNA وكل تتابع من هذه الوحدات ينتج عنه جين معين مسئول عن إظهار صفة خاصة به. من هنا بدأ العلماء يسألون أنفسهم أي أجزاء الكروموسومات (البروتينات أم الأحماض النووية) هي التي تحمل المعلومات الوراثية وتنتقل من خلالها من جيل لآخر ؟

- وللإجابة على هذا السؤال قام العلماء بالعديد من التجارب والأبحاث في محاولة لترجيح أحدهما على الآخر على النحو التالي:

  - كان يعتقد أن البروتين هو المادة الوراثية وليس DNA في بادئ الأمر .. فسر ؟!

  وذلك للأسباب التالية:

| البروتينات | DNA |
|---|---|
| يدخل في تركيبها ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية المختلفة، والتي تتجمع معًا بطرق مختلفة لتعطي عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بما يتناسب مع تنوع الصفات الوراثية. | يدخل في تركيبه ٤ نيوكليوتيدات فقط. |

- في أربعينات القرن الماضي ظهر خطأ هذا الاعتقاد وأثبتت الأدلة أن المادة الوراثية هي DNA وليس البروتين مما أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئي للوراثة والذي يطلق عليه عادةً اسم البيولوجيا الجزيئية.

## الأدلة على أن DNA هو المادة الوراثية

1. التحول البكتيري Bacterial transformation
2. لاقمات البكتريا (البكتيريوفاج) Bacteriophages
3. كمية DNA في الخلايا The amount of DNA in cells

والتي تتمثل في :

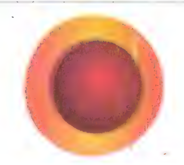
- تجربة العالم جريفث Griffith
- العالم إفري Avery وزملاؤه
- التجربة الحاسمة

وفيما يلي تفصيل ذلك:

## ١ التحول البكتيري Bacterial transformation

### تجربة (١) تجربة العالم جريفث Griffith

- في القرن العشرين تفشى مرض الالتهاب الرئوي في لندن وكان الطبيب البريطاني جريفث من أوائل الباحثين عن آلية حدوث هذا المرض في محاولة لاكتشاف علاج أو لقاح مناسب.
- عام ١٩٢٨م قام جريفث بدراسة سلالتين من البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي على الفئران ويمكن المقارنة بينهما كالتالي:

| سلالة البكتيريا S | سلالة البكتيريا R |
|---|---|
| ناعمة الملمس Smooth | خشنة الملمس Rough |
| تحيط نفسها بغلاف عازل يحميها من مهاجمة خلايا الدم البيضاء لها | لا تستطيع إحاطة نفسها بغلاف عازل لذا يسهل بلعمتها بواسطة خلايا الدم البيضاء |
| تسبب التهاب رئوي حاد يؤدي إلى موت الفئران. | تسبب التهاب رئوي فقط ولا ينتج عنها موت الفئران. |
|  | |

خطوات التجربة:

| | الخطوة الأولى | الخطوة الثانية | الخطوة الثالثة | الخطوة الرابعة |
|---|---|---|---|---|
| الحقن | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S). | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (R). | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها حراريًا. | حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها حراريًا مع سلالة بكتيريا (R) حية. |
| الأشكال التوضيحية | سلالة البكتيريا (S) «المميتة» | سلالة البكتيريا (R) «غير المميتة» | سلالة البكتيرية (S) مقتولة حراريًا | سلالة البكتيريا (S) مقتولة حراريًا + سلالة البكتيريا (R) |
| المشاهدة | إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي الحاد ثم موتها. | إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي وعدم موتها. | عدم موت الفئران. | موت بعض الفئران وعند فحص تلك الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية. |
| الاستنتاج | المادة الوراثية الخاصة بسلالة البكتيريا (S) انتقلت إلى داخل سلالة البكتيريا (R) فتحولت إلى سلالة (S) المميتة وأطلق جريفث على هذه الظاهرة اسم «التحول البكتيري». | | | |
| قصور نتائج التجربة | عجز جريفث عن تفسير انتقال المادة الوراثية من البكتيريا (S) إلى البكتيريا (R). | | | |

## التحول البكتيري

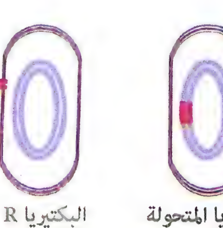
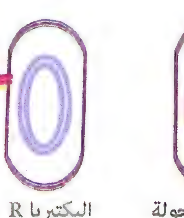
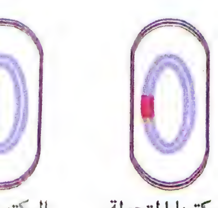
تحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة نتيجة انتقال المادة الوراثية إليها.

## تجربة (٢) العالم إفري Avery وزملاؤه

| | |
|---|---|
| الخطوات | ❶ قام إفري وزملاؤه بعزل مادة التحول البكتيري التي تسببت في تحول سلالة البكتيريا (R) إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة.<br>❷ قاموا بتحليل مادة التحول البكتيري. |
| الاستنتاج | مادة التحول البكتيري ظاهريًا هي DNA. |

### التفسير العام للتحول البكتيري

سلالة البكتيريا (R) قد امتصت DNA الخاص بسلالة البكتيريا (S) -وذلك بطريقة غير معروفة حتى الآن- فاكتسبت خصائصها وأصبحت قادرة على نقلها للأبناء في الأجيال التالية.




### الاعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية

الجزء من DNA الذي سبب التحول البكتيري لم يكن نقيًا تمامًا؛ لأنه كان يحمل كمية من البروتين يحتمل أن تكون السبب في إحداث هذا التحول.

## تجربة (٣) التجربة الحاسمة

| | |
|---|---|
| الخطوات | ❶ تم معاملة المادة النشطة المنتقلة (DNA + البروتينات) المسئولة عن التحول البكتيري بإنزيم دي أكسي ريبونيوكليز (Deoxyribonuclease) الذي له القدرة على تحليل جزيء DNA تحليلًا كاملًا، ولا يؤثر على البروتينات أو RNA.<br>❷ تم نقل المادة إلى سلالة البكتيريا (R) غير المميتة. |
| المشاهدة | لم تتحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة. |
| التفسير | تتوقف عملية التحول البكتيري نتيجة لغياب مادة DNA التي تحللت. |
| الاستنتاج | DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين. |

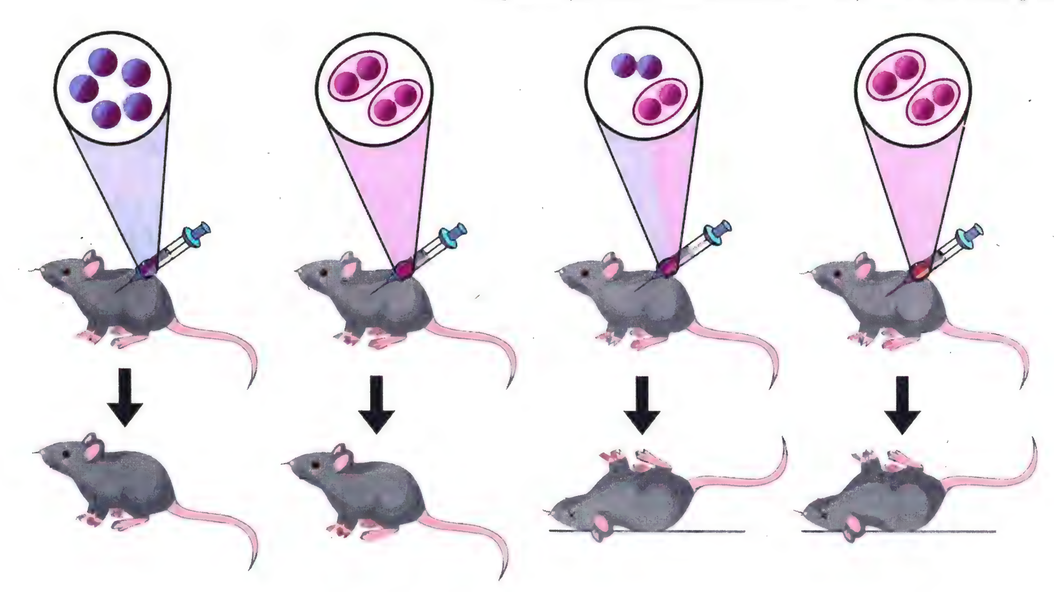






## الأداء الذاتي

**١** **الشكل التالي** يبين تجربة العالم جريفث ادرس الشكل جيدًا ثم استنتج :

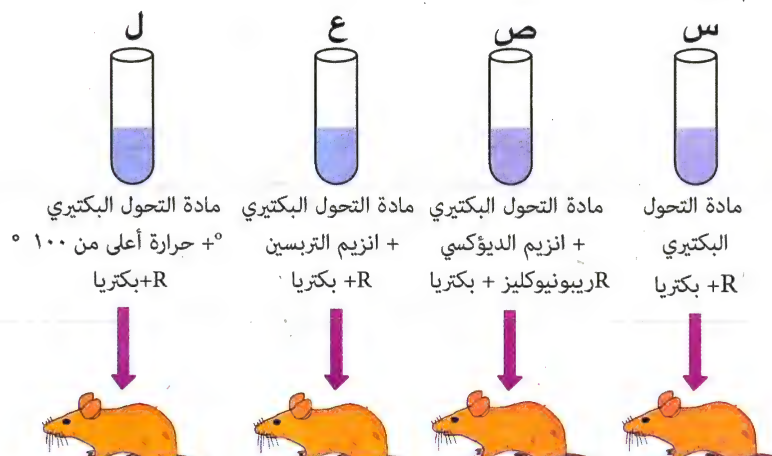


**أي البدائل التالية تمكن جريفث من إثباتها في نهاية تجربته ؟**

(أ) يمكن التغيير في صفات ووظائف بعض الكائنات الحية
(ب) DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين
(ج) رفع درجة الحرارة لأي درجة مئوية يؤدي إلى تلف المادة الوراثية
(د) نوع المادة الوراثية للفئران مختلفة عن نوع المادة الوراثية للبكتريا

---

**٢** **الشكل التالي** يوضح نتائج ٤ تجارب أجريت علي مادة التحول البكتيري والفئران لدراسة المادة الوراثية، ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :




أي البدائل التالية تمثل التجربة التي ينتج عنها موت الفأر بعد حقنه بمادة التحول البكتيري ؟

(أ) س، ص (ب) س، ع (ج) ص، ع (د) س، ل

٣ **الشكل التالي** يعبر عن أربع تجارب أجريت على مجموعة من الفئران، حيث تم حقن الفئران في كل تجربة بخليط مختلف عن التجارب الأخرى،

ادرس الشكل ثم **استنتج** محتوى المخاليط التي أُستخدمت في التجارب الأربع ؟




| | التجربة الأولى | التجربة الثانية | التجربة الثالثة | التجربة الرابعة |
|---|---|---|---|---|
| Ⓐ | بكتيريا (S) مقتولة بالحرارة مع بكتيريا (R) مقتولة بالإشعاع | بكتيريا (S) مقتولة بالحرارة مع بكتيريا (R) حية | بكتيريا (S) حية مع بكتيريا (R) حية | بكتيريا (S) حية مع بكتيريا (R) مقتولة بالحرارة |
| Ⓑ | بكتيريا (S) حية مع بكتيريا (R) حية | بكتيريا (S) مقتولة حراريًا مع بكتيريا (R) مقتولة | بكتيريا (R) مقتولة حراريًا مع بكتيريا (R) حية | بكتيريا (S) معاملة بالدي أوكسي ريبونيوكليز مع بكتيريا (R) مقتولة |
| Ⓒ | بكتيريا (S) حية مع بكتيريا (R) حية | بكتيريا (S) حية مع بكتيريا (R) مقتولة بالحرارة | بكتيريا (S) مقتولة حراريًا مع بكتيريا (R) مقتولة | بكتيريا (S) معاملة بالدي أوكسي ريبونيوكليز مع بكتيريا (R) مقتولة |
| Ⓓ | بكتيريا (S) معاملة بالدي أوكسي ريبونيوكليز مع بكتيريا (R) مقتولة | بكتيريا (S) حية مع بكتيريا (R) مقتولة بالحرارة | بكتيريا (R) مقتولة حراريًا مع بكتيريا (R) حية | بكتيريا (S) مقتولة بالحرارة مع بكتيريا (R) حية |



## ٢ لاقمات البكتريا (البكتيريوفاج = الفاج) Bacteriophages

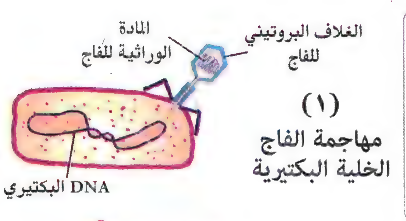


تركيب البكتيريوفاج

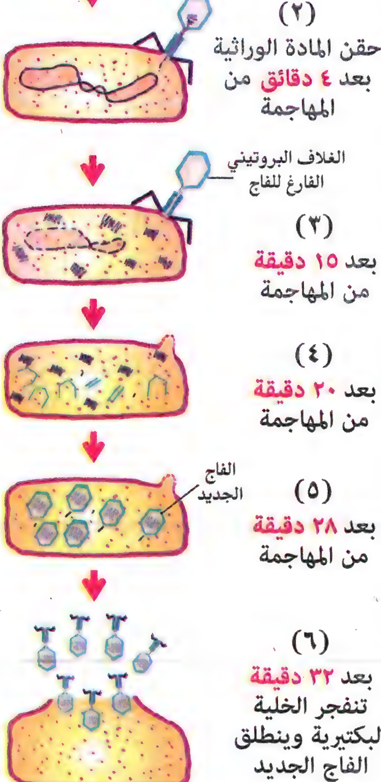
- **التصنيف:** فيروس متطفل (لا ينتمي لأوليات النواة أو حقيقيات النواة).
- **المحتوى الوراثي:** محتواه الوراثي عبارة عن DNA مزدوج في معظم الأنواع.
- **التركيب:** يتركب من مادة وراثية محاطة بغلاف بروتيني في صورة رأس وذيل حلزوني يمتد منه قطعة ذيلية مدببة لأسفل تساعده في مهاجمة الخلايا البكتيرية والتكاثر بداخلها.
- **الأهمية البيولوجية:** استخدمه بعض علماء البيولوجيا الجزيئية لإثبات أن الحمض النووي هو المادة الوراثية وليس البروتين في بعض التجارب التي أجريت على البكتيريا.

### مراحل تكاثر البكتيريوفاج داخل الخلية البكتيرية:

| المرحلة | الوصف |
|---|---|
| **الالتصاق** (مهاجمة الفاج للخلية البكتيرية) | • يهاجم الفيروس الخلية البكتيرية ويتصل بها عن طريق الذيل.<br>• يفرز الذيل إنزيمات محللة تذيب جدار الخلية البكتيرية وتصنع بها ثقوب. |
| **حقن المادة الوراثية** (بعد ٤ دقائق من المهاجمة) | • تنفذ المادة الوراثية للفيروس داخل الخلايا البكتيرية.<br>• يؤثر الفيروس على المادة الوراثية للخلية البكتيرية ويسخرها لمضاعفة مادته الوراثية باستخدام إنزيمات الخلية البكتيرية أو يجبرها على تصنيع إنزيماته. |
| **تضاعف المادة الوراثية للفيروس** (بعد ١٥ دقيقة من المهاجمة) | • يدمر الفيروس المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا.<br>• تتضاعف أعداد المادة الوراثية الخاصة بالفيروس. |
| **تكوين الغلاف البروتيني الخاص بالفيروس** (بعد ٢٠ دقيقة من المهاجمة) | • يوجه الفيروس الخلية البكتيرية لاستخدام جيناته في تصنيع غلاف بروتيني خاص به. |
| **الانفجار** (بعد ٣٢ دقيقة من المهاجمة) | • تنفجر الخلية البكتيرية ويتحرر منها حوالي ١٠٠ فيروس جديد مكتمل التكوين استعدادا لإصابة خلية بكتيرية جديدة. |






- **الاستنتاج:** انتقال مادة (أو مجموعة مواد) تحتوي على جينات الفيروس منه إلى الخلية البكتيرية تحفزها على تكوين فيروسات جديدة مكتملة التكوين خلال فترة زمنية قصيرة.








## تجربة العالمين هيرشي وتشيس Hershy and Chase

استغل العالمان هيرشي وتشيس بعض الحقائق العلمية لإجراء تجربتهما:

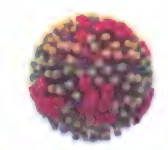
- DNA: يدخل في تركيبه الفوسفور ولا يدخل في تركيبه الكبريت.
- البروتين: قد يدخل في تركيبه الكبريت ولا يدخل في تركيبه الفوسفور.
- خطوات التجربة:

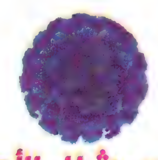
| | الخطوة الأولى | الخطوة الثانية |
|---|---|---|
| الترقيم | قاما بترقيم DNA الفيروسي بالفوسفور المشع وسمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا. | قاما بترقيم البروتين الفيروسي بالكبريت المشع وسمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا. |
| الأشكال التوضيحية | DNA المشع<br>بكتريا<br>فيروس الفاج | البروتين المشع<br>بكتريا<br>فيروس الفاج |
| الكشف | قاما بالكشف عن الفوسفور المشع داخل وخارج الخلية البكتيرية. | قاما بالكشف عن الكبريت المشع داخل وخارج الخلية البكتيرية. |
| المشاهدة | كل الفوسفور المشع تقريبًا قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية، دليل على وصول كل DNA الفيروسي تقريبًا. | أقل من ٣٪ من الكبريت المشع قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية دليل على عدم وصول أغلب البروتين الفيروسي. |
| الاستنتاج | • DNA الفيروسي يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة.<br>• DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين. | |

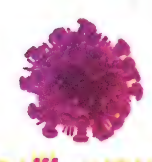
- مما سبق نستنتج من تجارب التحول البكتيري والتجارب التي أجريت على الفاج أن الجينات على الأقل الخاصة بسلالات بكتيريا الالتهاب الرئوي وفيروسات الفاج تتكون من DNA.
- ونلاحظ أن هذه الاستنتاجات قصرت على الكائنات الحية التي أجريت عليها هذه التجارب..

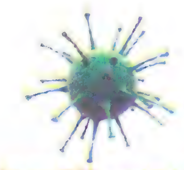
، والسؤال الآن: هل كل الكائنات الحية محتواها الجيني DNA ؟

والإجابة: بالنفي؛ لأن هناك بعض الفيروسات (مثل: فيروس الإنفلونزا، وشلل الأطفال، والإيدز، والكورونا) لا يدخل DNA في تركيبها بل ثبت أنَّ RNA هو المادة الوراثية في هذه الفيروسات، إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث إنها تكون جزءً صغيرًا من صور الحياة، ولكن كل الدراسات التي أجريت حتى الآن أكدت على أن DNA هو المادة الوراثية لمعظم الأحياء.


فيروس الإنفلونزا


فيروس شلل الأطفال


فيروس الإيدز


فيروس الكورونا




## ٣ كمية DNA في الخلايا The amount of DNA in cells

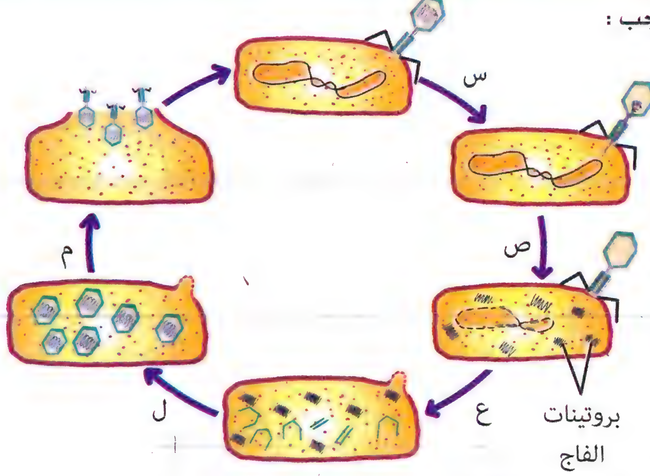
| | DNA | البروتين |
|---|---|---|
| الكمية داخل الخلايا الجسدية | كمية DNA متساوية في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لنفس الكائن الحي مثل الدجاج. | كمية البروتينات غير متساوية في نفس الخلايا. |
| الكمية داخل الخلايا الجنسية (الأمشاج) | كمية DNA في خلايا الأمشاج تعادل نصف كمية DNA في الخلايا الجسدية لنفس الكائن الحي وحيث إن الفرد الجديد ينتج من اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث يجب أن يحتوي كل مشيج على نصف المعلومات الوراثية. | لا ينطبق ذلك على البروتين حيث تختلف كمية البروتينات داخل الخلايا الجنسية عن الخلايا الجسدية وليس بالضرورة أن تحتوي على نصف كمية البروتينات الموجودة في الخلايا الجسدية. |
| عمليات الهدم والبناء | تركيبه ثابت بشكل واضح داخل الخلية (لا يتحلل). | يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار داخل الخلايا. |

## الأداء الذاتي

**٤** أي البدائل التالية تمثل نتيجة ترقيم عناصر الجزيء الموجود في تركيب الفاج والمسؤول عن السيطرة على أيض الخلية البكتيرية ؟

| | الكربون المشع | النيتروجين المشع | الفوسفور المشع | الكبريت المشع |
|---|---|---|---|---|
| Ⓐ (أ) | نتيجة إيجابية | نتيجة إيجابية | نتيجة إيجابية | نتيجة سلبية |
| (ب) | نتيجة إيجابية | نتيجة إيجابية | نتيجة سلبية | نتيجة إيجابية |
| (ج) | نتيجة سلبية | نتيجة إيجابية | نتيجة إيجابية | نتيجة سلبية |
| (د) | نتيجة إيجابية | نتيجة سلبية | نتيجة إيجابية | نتيجة سلبية |

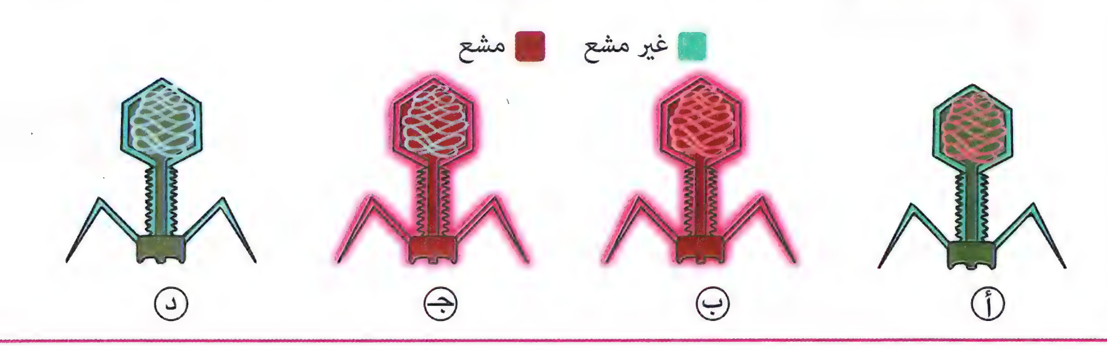
**٥** ادرس الشكل التالي جيدًا ثم أجب :



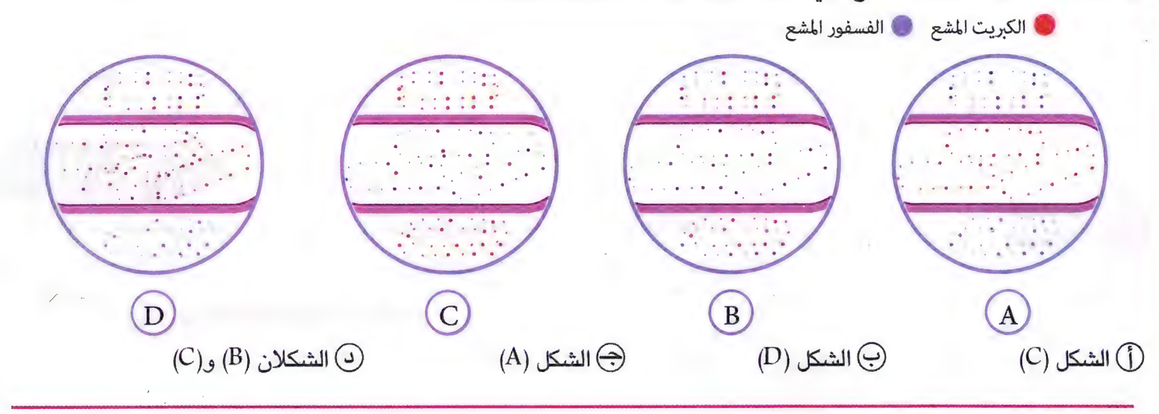

أي المراحل التالية يفرز فيها الفاج إنزيمات محللة لجدار الخلية البكتيرية ؟

(أ) م فقط (ب) س، م (ج) س، ع (د) ل، م

٦ أي أشكال البكتيريوفاج التالية تم تكوينها داخل خلية بكتيرية تتغذى من خلال وسط يحتوي على النيتروجين المشع N15 ؟

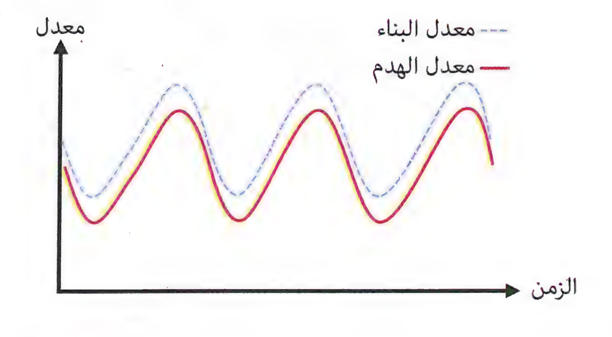



٧ أي الأشكال التالية تعبر عن النتائج التي حصل عليها العالمان هيرشي وتشيس ؟




أ الشكل (C) ب الشكل (D) ج الشكل (A) د الشكلان (B) و(C)

٨ **الرسم البياني** المقابل يوضح معدل حدوث عمليتي الهدم والبناء لأحد المركبات داخل إحدى خلايا الإنسان في حالتها الطبيعية، **ادرسه جيداً ثم استنتج :**




أي المركبات التالية لا ينطبق عليها هذا الرسم البياني ؟

أ البروتين
ب الحمض النووي الريبوزي
ج الكربوهيدرات
د الحمض النووي منقوص الأكسجين

٩ أي الحالات التالية يصاحبها زيادة كمية DNA في خلية ما للضعف ثم نقصها للربع ؟

أ تحول الخلية البيضية الأولية إلى جسم قطبي
ب تحول الخلية المنوية الأولية إلى طليعة منوية
ج تحول الخلية الجرثومية الأمية لأمهات المني
د تحول الخلية البيضية الأولية إلى خلية بيضية ثانوية



## التمهيد

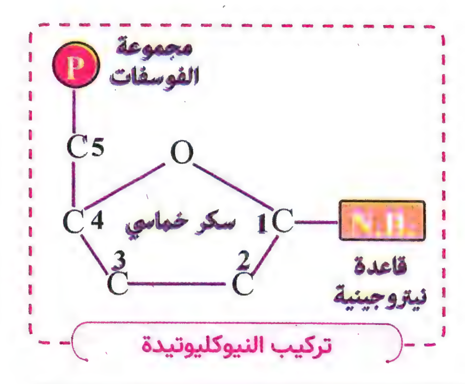
✦ تعرفنا في الدرس السابق على محاولات العلماء المستمرة في التوصل لأصل تركيب المادة الوراثية في خلايا الكائنات الحية من خلال عدة تجارب علمية تقوم على مبدأ الشك وإثبات الحجة بالدليل.
ولكن منذ أوائل الخمسينات من القرن الماضي أصبح هناك أدلة قوية تكفي لاعتبار DNA يحمل المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية.

✦ وفي هذا الدرس نستكمل معا جهود العلماء للتعرف على تركيب DNA ووضع نموذج له وتحديد خصائصه وآلية عمله في إظهار الصفات الوراثية والمقارنة بين المحتوى الوراثي في أوليات النواة وحقيقيات النواة.

## تركيب DNA

✦ تمكن العلماء من عزل الحمض النووي واستخدام آليات الطرد المركزي والتحليل البيوكيميائي لدراسة التركيب الكيميائي للحمض النووي DNA **ومن ذلك نستنتج أن:**

- DNA عبارة عن بوليمر يتكون من ارتباط عدد كبير من وحدات بنائية أصغر (مونيمرات) تسمى **«نيوكليوتيدات»**.
- **تتكون** كل نيوكليوتيدة من سكر خماسي ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية **كالتالي:**



تركيب النيوكليوتيدة

**سكر خماسي الكربون (سكر دي أكسي ريبوز)**

- مركب عضوي يتكون من ارتباط عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين.
- يوجد في صورة حلقة خماسية الشكل تتكون زواياها من ٤ ذرات كربون وذرة أكسجين.
- ترقم ذرات الكربون من (١) إلى (٥) في اتجاه عقارب الساعة.
- تمتد ذرة الكربون رقم (٥) خارج الحلقة الخماسية وترتبط بذرة الكربون رقم (٤) برابطة تساهمية.
- يختلف عن سكر الريبوز(سكر أحادي) في نزع ذرة أكسجين واحدة من ذرة الكربون رقم (٢) لذا يعرف الـDNA بالحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين Deoxy-ribo-Nucleic-Acid.

**مجموعة فوسفات**

- مجموعة كيميائية سالبة الشحنة مشتقة من حمض الفوسفوريك $H_3PO_4$.
- ترتبط بذرة الكربون رقم (٥) في السكر الخماسي برابطة تساهمية.
- تكون مع جزيئات السكر نمطاً متبادلاً عرف فيما بعد بـ"**هيكل السكر والفوسفات**" في شريط DNA.

**قاعدة نيتروجينية**

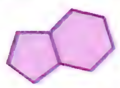
- مركب حلقي معقد غني بعنصر النيتروجين.
- ترتبط بذرة الكربون رقم (١) في السكر الخماسي برابطة تساهمية.
- تخـزن عليهـا المعلومـات الوراثيـة التـي يتـم ترجمتهـا إلـى صفـات مثـل صفـة لـون العيـون.

**ملحوظات**

- جزيئات السكر والفوسفات متماثلة في جميع النيوكليوتيدات، بينما تختلف القواعد النيتروجينية من نيوكليوتيدة لأخرى وهذا الاختلاف يعزي إليه اختلاف الجينات والمعلومات الوراثية من فرد لآخر.

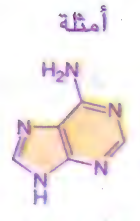
القواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية **قد تكون أحد مشتقات:**



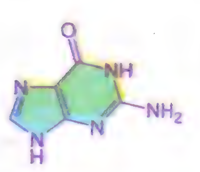



- ذات حلقتين (حلقة خماسية وحلقة سداسية).
- أكبر حجمًا.
- تشغل مساحة أكبر من تركيب DNA.
- أقل ثباتًا.

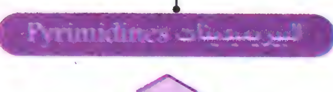
**أمثلة**

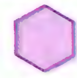



**الأدنين A**
(يدخل في تركيب DNA وRNA)




**الجوانين G**
(يدخل في تركيب DNA وRNA)

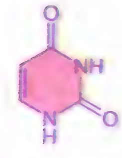


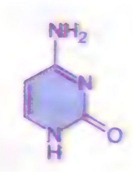
- ذات حلقة واحدة (حلقة سداسية).
- أقل حجمًا.
- تشغل مساحة أقل من تركيب DNA.
- أكثر ثباتًا.

**أمثلة**

**الثايمين T**
(يدخل في تركيب DNA فقط)




**اليوراسيل U**
(يدخل في تركيب RNA فقط)

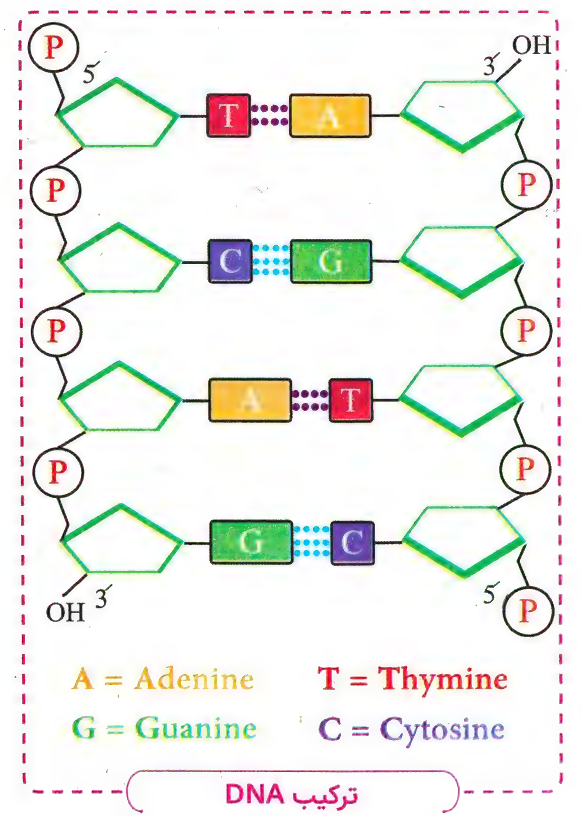



**السيتوزين C**
(يدخل في تركيب DNA وRNA)



## آلية ارتباط النيوكليوتيدات مع بعضها لتكوين DNA

**ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها في شريط DNA كالآتي:**



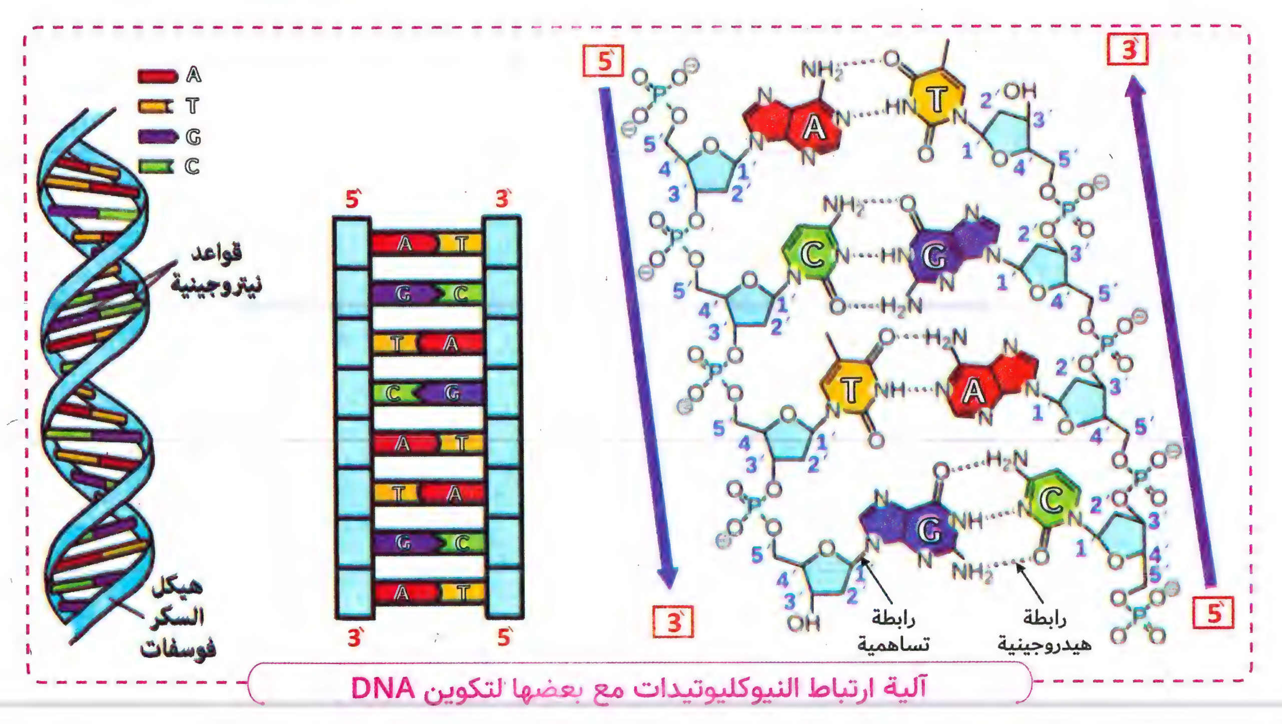
تركيب DNA

١. مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم (٥) في سكر إحدى النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون رقم (٣) في النيوكليوتيدة التالية.، والتركيب الذي يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه «هيكل سكر فوسفات».

٢. هيكل سكر فوسفات غير متماثل ... علل؟
لأن به مجموعة فوسفات حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (٥) في السكر الخماسي عند إحدى نهاياته، ومجموعة هيدروكسيل (OH) حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (٣) في السكر الخماسي عند النهاية الأخرى للهيكل.

٣. تبرز قواعد البيورين والبيريميدين على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

٤. في كل جزيء DNA يكون عدد النيوكليوتيدات التي تحتوي على الأدنين مساوية لتلك التي تحتوي على الثايمين (A = T)، وعدد النيوكليوتيدات التي تحتوي على الجوانين مساوية لتلك التي تحتوي على السيتوزين (G = C).



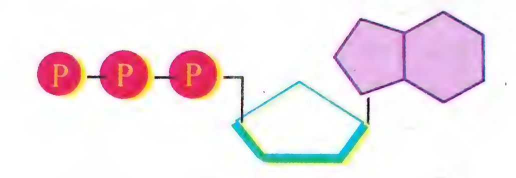
آلية ارتباط النيوكليوتيدات مع بعضها لتكوين DNA

ملحوظات

- يوجد في جزئ DNA نوعان من الروابط الكيميائية:

| روابط تساهمية | روابط هيدروجينية |
| --- | --- |
| روابط قوية صعبة الكسر. | روابط ضعيفة سهلة الكسر. |
| أكثر ثباتا. | أقل ثباتا. |
| توجد في شريط DNA بين:<br>• ذرة الكربون رقم (٥) في جزئ السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات في النيوكليوتيدة المفردة.<br>• ذرة الكربون رقم (٣) في جزئ السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات في النيوكليوتيدة التالية على الشريط.<br>• ذرة الكربون رقم (٣) في جزئ السكر الخماسي ومجموعة الهيدروكسيل الطرفية.<br>• ذرة الكربون رقم (١) في جزئ السكر الخماسي والقاعدة النيتروجينية.<br>• ذرات المركبات العضوية المكونة لأجزاء النيوكليوتيدة المختلفة مثل ذرات السكر الخماسي. | توجد في جزئ DNA بين:<br>• القاعدة النيتروجينية على أحد شريطي DNA (بيريميدينات) والقاعدة النيتروجينية على الشريط المقابل (بيورينات). |

- كل شريط من أشرطة DNA له نهايتان إحداهما توجد عند الطرف ´5 ترتبط بها مجموعة فوسفات حرة (طليقة) والأخرى توجد عند الطرف ´3 ترتبط بها مجموعة هيدروكسيل حرة (طليقة).
- يدخل الأدنين في تركيب جزيء الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (عملة الطاقة في الخلية).




أدينين — سكر خماسي — ٣ مجموعات فوسفات

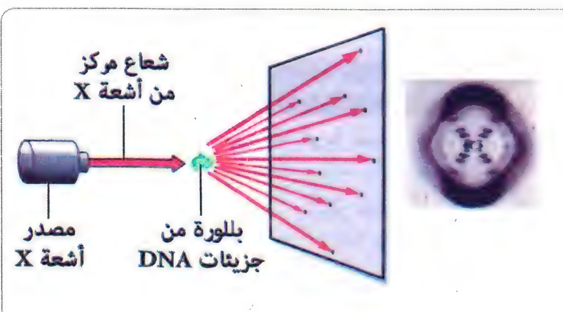
أدينوسين

AMP + $P_i$ ⟵ ADP + $P_i$ ⟵ ATP

## الدليل المباشر على تركيب DNA (دراسات فرانكلين Franklin)

**الخطوات**

1. استخدمت فرانكلين تقنية أشعة X في الحصول على صور لبللورات من DNA عالي النقاوة.
2. قامت بإمرار أشعة X خلال بللورات من جزيئات DNA ذات تركيب منتظم.




**المشاهدة**

حدوث تشتت لأشعة X وظهور طراز من توزيع نقط أعطى تحليلها معلومات عن شكل DNA .

**الاستنتاج**

- جزيء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط.
- هيكل سكر فوسفات يوجد في الجهة الخارجية من اللولب والقواعد النيتروجينية توجد جهة الداخل.
- قطر اللولب يدل على أنه يتكون من أكثر من شريط DNA .

- عام ١٩٥٢م نشرت فرانكلين صورًا للبلورات من DNA عالي النقاوة أوضحت فيها هذه النتائج.
- بدأ بعد ذلك سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة في صورة نموذج Model لتركيب جزيء DNA، إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان واطسون وكريك.

### للاطلاع فقط

- توجد القواعد النيتروجينية جهة الداخل لأن طبيعتها الكيميائية تجعلها كارهة للماء وبالتالي تتجه بعيدًا عن المحلول المائي المحيط بالنواة في الخلية وتنغمس داخل تركيب اللولب الحلزوني.
- مفهوم حيود أشعة إكس: عند سقوط حزمة من فوتونات الأشعة على تركيب بللوري منتظم له أسطح مستوية تتصادم هذه الفوتونات مع الإلكترونات المكونة لذرات البللورة وتحيد عن مسارها ويمكن استقبالها على فيلم تصوير لتكوين صورة ثلاثية الأبعاد لكثافة الإلكترونات داخل البللورة.

## نموذج واطسون وكريك لتركيب جزيء DNA





١ يتركب نموذج واطسون وكريك لتركيب DNA من شريطين يلتفان حول بعضهما ويسمى اللولب المزدوج ويرتبطان معًا كالسلم ... فسر ؟

حيث:

- يمثل هيكل السكر والفوسفات جانبي السلم.
- تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم.

٢ عرض درجات السلم على امتداد DNA يكون متساو علل ؟

لأن شريطي DNA يكونان على نفس المسافة من بعضهما البعض؛ لأن كل درجة تتكون من ارتباط قاعدة نيتروجينية بريميدنية (ذات حلقة واحدة) مع قاعدة نيتروجينية بيورينية (ذات حلقتين)، حيث:

- يرتبط الأدنين (A) مع الثايمين (T) برابطتين هيدروجينيتين (A :::: T).
- يرتبط الجوانين (G) مع السيتوزين (C) بثلاث روابط هيدروجينية (G :::: C).

٣ شريطا جزيء DNA متعاكسا الاتجاه ... علل ؟

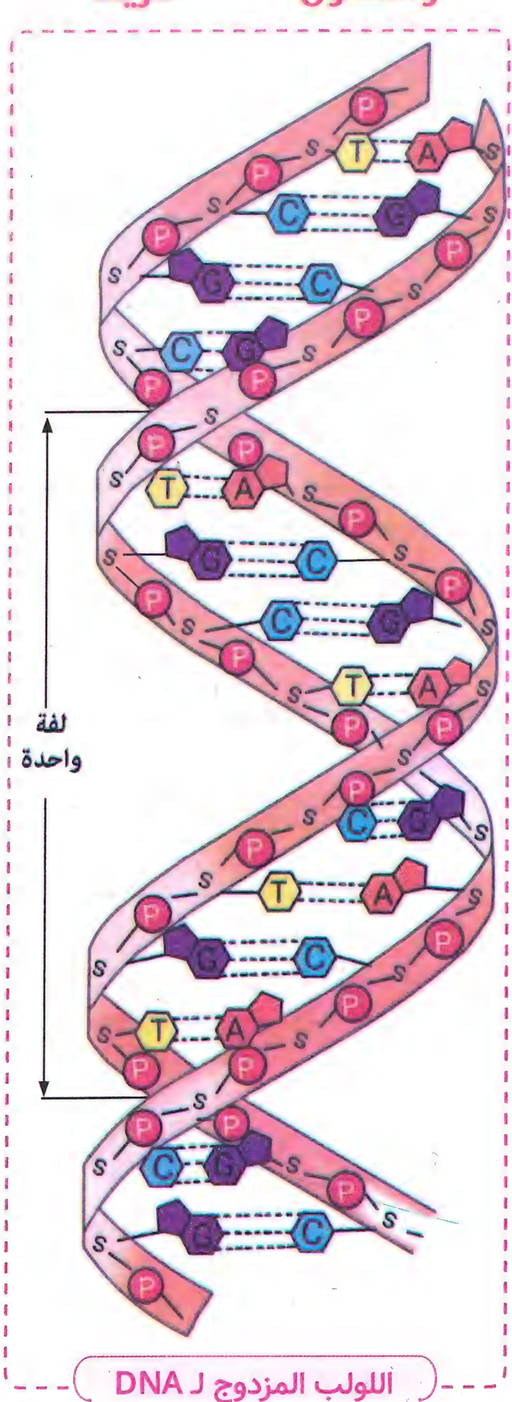
حيث يكون أحد الشريطين اتجاهه (5´←3´) بينما يكون الشريط المقابل اتجاهه (3´←5´) بمعنى أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصلة بذرة الكربون رقم (5) في السكر الخماسي في شريطي DNA تكون عند الطرفين المعاكسين حتى تتكون الروابط الهيدروجينية بين زوجي القواعد النيتروجينية المتكاملة بشكل سليم.

٤ يلتف (يجدل) سلم DNA حول نفسه ... علل ؟

ليتكون لولب أو حلزون DNA لتقصير طوله بحيث يوجد 10 نيوكليوتيدات في كل لفة على الشريط الواحد.

٥ يطلق على جزيء DNA «اللولب المزدوج» .. علل ؟

لأنه عبارة عن شريطين يلتفان حول بعضهما البعض لتكوين لولب (حلزون).




اللولب المزدوج لـ DNA

## تطبيقات

- چين = قطعة DNA = لولب مزدوج = شريطان من DNA = جزيء DNA.
- عدد درجات السلم في DNA = عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد = عدد أزواج النيوكليوتيدات على الشريطين.
- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الطليقة في حقيقيات النواة = عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة الطليقة = ٢ في كل جزيء.
- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الطليقة في أوليات النواة = صفر
- عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة الطليقة في أوليات النواة = صفر.
- عدد النيوكليوتيدات = عدد القواعد النيتروجينية = عدد مجموعات الفوسفات = عدد جزيئات السكر الخماسي.
- عدد اللفات الموجودة في قطعة من DNA = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة في هذه القطعة}}{٢٠}$ .
- عدد اللفات الموجودة في شريط مفرد من DNA = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة في هذه الشريط}}{١٠}$ .
- عدد لفات الـDNA = $\frac{\text{طول DNA الشريط}}{\text{طول اللفة الواحدة}}$ .
- عدد أزواج القواعد = $\frac{\text{طول DNA}}{\text{سمك النيوكليوتيدة}}$ .
- ترتبط قاعدة الأدنين مع قاعدة الثايمين برابطتين هيدروجينيتين .. ، بينما ترتبط قاعدة الجوانين مع قاعدة السيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية .
- $G = C$ ، $A = T$ ، $\frac{G}{C} = \frac{A}{T} = ١$ ، $\frac{A + G}{T + C} = ١$
- $T + C = A + G = ٥٠\%$
- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في قطعةDNA = (عدد قواعد السيتوزين أو الجوانين) × ٣ + (عدد قواعد الأدنين أو الثايمين) × ٢.
- عدد الروابط الهيدروجينية المزدوجة الموجودة في قطعةDNA = عدد قواعدA = عدد قواعدT .. في اللولب المزدوج.
- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في ثلاثيات في قطعةDNA = عدد قواعد G = عدد قواعدC .. في اللولب المزدوج.
- عدد قواعد البيورينات ذات الحلقتين = عدد قواعد البيريميدينات ذات الحلقة الواحدة.
- عدد حلقات كل درجة من درجات سلمDNA = ٣ حلقات.

## أمثلة:

1 قطعة من DNA عند تحليلها وجد أنها تحتوي على ١٠٠٠ نيوكليوتيدة منها ١٥٠ نيوكليوتيدة تحتوي على قاعدة الأدنين، في ضوء ذلك: احسب:

١- عدد مجموعات الفوسفات الموجودة في هذه القطعة.
٢- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الموجودة في هذه القطعة.
٣- عدد اللفات الموجودة في هذه القطعة.
٤- عدد باقي القواعد النيتروجينية في هذه القطعة.
٥- نسبة قواعد الجوانين في هذه القطعة.
٦- عدد درجات السلم في هذه القطعة.
٧- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في هذه القطعة.
٨- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة بصورة مزدوجة في هذه القطعة.
٩- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في صورة ثلاثيات في هذه القطعة.
١٠- أثبت أن: $\frac{A+G}{T+C} = ١$

**الإجابة:**

١- عدد مجموعات الفوسفات = عدد النيوكليوتيدات = ١٠٠٠.

٢- عدد مجموعات الفوسفات الحرة = ٢.

٣- عدد اللفات = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة في القطعة}}{٢٠}$ = $\frac{١٠٠٠}{٢٠}$ = ٥٠ لفة.

٤- عدد القواعد النيتروجينية = عدد النيوكليوتيدات = ١٠٠٠.
عدد قواعد A = عدد قواعد T = ١٥٠ قاعدة.
عدد قواعد G + عدد قواعد C = ١٠٠٠ − (٢ X ١٥٠) = ١٠٠٠ − ٣٠٠ = ٧٠٠ قاعدة.
عدد قواعد G = عدد قواعد C = $\frac{٧٠٠}{٢}$ = ٣٥٠ قاعدة.

٥- نسبة قواعد G = $\frac{\text{عدد قواعد G}}{\text{العدد الكلي للقواعد}}$ X ١٠٠ = $\frac{٣٥٠}{١٠٠٠}$ X ١٠٠ = ٣٥٪

٦- عدد درجات السلم = عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد = $\frac{١٠٠٠}{٢}$ = ٥٠٠ درج.

٧- عدد الروابط الهيدروجينية = (عدد قواعد G × ٣) + (عدد قواعد A × ٢)
= (٣٥٠ × ٣) + (١٥٠ × ٢) = ١٣٥٠ رابطة.

٨- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في صورة مزدوجة = عدد قواعد A = ١٥٠ رابطة.

٩- عدد الروابط الهيدروجينية في صورة ثلاثيات = عدد قواعد G = ٣٥٠ رابطة.

١٠- $\frac{A+G}{T+C}$ = $\frac{٣٥٠+١٥٠}{٣٥٠+١٥٠}$ = $\frac{٥٠٠}{٥٠٠}$ = ١.

إذا علمت أن $\frac{G}{A} = \frac{2}{3}$ في أحد جزيئات DNA في خلية جسدية لإنسان ما.
ما النسبة المئوية لكل من C ، T في الشريطين ؟

الإجابة:

بفرض أن:

$$\frac{G}{A} = \frac{2}{3} = \frac{C}{T}$$

$$G = 2x = C \quad ، \quad A = 3x = T$$

$$A + G + C + T = 100\% \qquad 3x + 2x + 2x + 3x = 100\%$$

$$10x = 100\% \qquad x = 10\%$$

وبالتالي تكون نسبة:

$$G = C = 2x = 2 \times 10 = 20\%$$

$$A = T = 3x = 3 \times 10 = 30\%$$

الجدول التالي يوضح النسب المئوية للقواعد النيتروجينية بحمض DNA في خليتين مختلفتين لأرنب واحد، ماذا تستنتج من كل مما يأتي ؟

١- مقارنة النسب المئوية للقواعد النيتروجينية في خلية كبد الأرنب مع نسبتها المئوية في خلية جلد الأرنب.

٢- مقارنة النسب المئوية للقواعد النيتروجينية في خلية كبد الأرنب ببعضها.

النسبة المئوية للقواعد النيتروجينية في جزيئات DNA

| القواعد النيتروجينية | A | T | C | G |
|---|---|---|---|---|
| خلية كبد الأرنب | ٢٨,٧ | ٢٨,٣ | ٢١,٤ | ٢١,٦ |
| خلية جلد الأرنب | ٢٨,٧ | ٢٨,٣ | ٢١,٤ | ٢١,٦ |

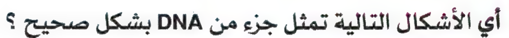
الإجابة:

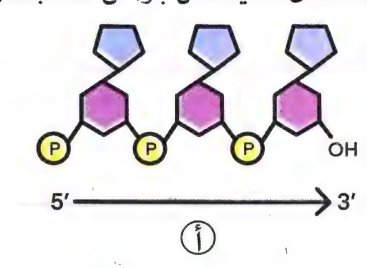
١- الخلايا الجسمية لنفس الكائن تحتوي على نفس الكمية من القواعد النيتروجينية وبالتالي تكون كمية DNA في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لنفس نوع الكائن الحي متساوية مما يدل على أن DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

٢- نسبة قواعد الأدنين تساوي تقريبًا نسبة قواعد الثايمين، نسبة قواعد الجوانين تساوي تقريبًا نسبة قواعد السيتوزين مما يدل على أن DNA لولب مزدوج.

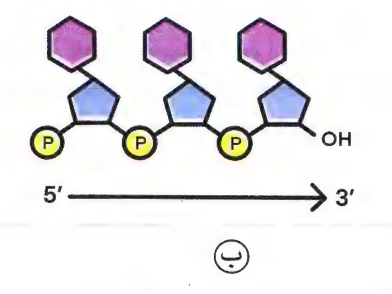
## الأداء الذاتي

١ أي الأشكال التالية تمثل جزء من DNA بشكل صحيح ؟

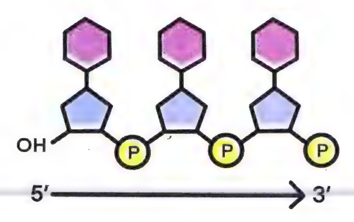




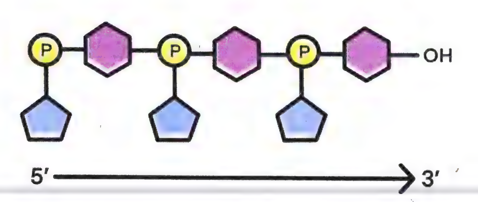

(أ)




(ب)




(جـ)




(د)

**٢** **الشكل المقابل** يعبر عن عينة من القواعد النيتروجينية مأخوذة من أحد أشرطة DNA،
**ادرسها جيدًا ثم استنتج:**

TGCCGAATGGTACC

**ما** مجموع حلقات القواعد النيتروجينية الموجودة في هذه العينة ؟

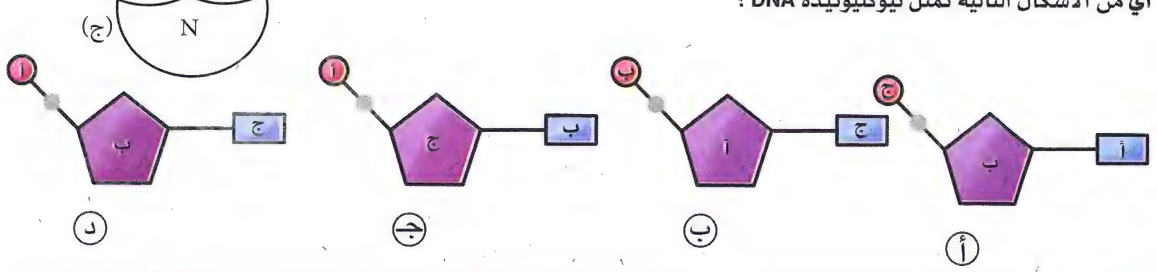
Ⓐ ١٤ ‏ Ⓑ ٢١
Ⓒ ٣٦ ‏ Ⓓ ٤٢

---

**٣** **الشكل التالي** يوضح مكونات نيوكليوتيدة DNA (أ ، ب ، ج)
والعناصر الكيميائية التي تدخل في تركيب كل جزء منها،
**ادرس الشكل ثم أجب:**

(أ) P
(ب) H O
(ج) C N

**أي** من الأشكال التالية تمثل نيوكليوتيدة DNA ؟




---

**٤** **ادرس الشكل المقابل** جيدًا ثم استنتج، **ما الذي لا يمكن أن يمثله الحرف (س) ؟**

واطسون وكريك — (س) — فرانكلين

Ⓐ تحديد موضع القواعد النيتروجينية
Ⓑ تحديد موضع هيكلي سكر الفوسفات
Ⓒ وجود أكثر من شريط في تركيب DNA
Ⓓ تحديد نوع الارتباط الكيميائي بين القواعد النيتروجينية

---

**٥** إذا احتوت قطعة من جزئ DNA على ٢٠٠ نيوكليوتيدة، وكانت نسبة النيوكليوتيدات التي تحتوي على القواعد النيتروجينية الأدنين في هذه القطعة ١٥٪.

**ما عدد** الروابط الهيدروجينية التي توجد بين القواعد النيتروجينية في هذه القطعة ؟

Ⓐ ٢١٠ ‏ Ⓑ ٢٧٠
Ⓒ ٥ ‏ Ⓓ ٢٣٠



## تضاعف DNA



### التمهيد

✦ هل فكرت يوما ماذا يحدث لنسيج الجلد بعد أن تجرح يدك بواسطة آلة حادة مثل السكين ؟ هل تساءلت يوما كيف تتحول خلية الزيجوت إلى جنين كامل خلال ٩ شهور ؟ لا شك أنك لاحظت أن هذه الخلايا لابد أن تنقسم بشكل دوري لتعويض الأجزاء التالفة أو النمو أو التئام الجروح ولكن كيف يمكن للخلايا الناتجة من الانقسام أن تحافظ على ثبات مادتها الوراثية رغم زيادة أعدادها !
قبل أن تبدأ الخلية بالانقسام تتضاعف كمية المادة الوراثية بداخلها حتى تحصل كل خلية جديدة ناتجة من الانقسام على نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأصلية ويطلق على هذه العملية مصطلح «تضاعف DNA».

### الشرح

✪ **توقيت الحدوث:** تتضاعف كمية DNA في الخلية قبل أن تبدأ في الانقسام.

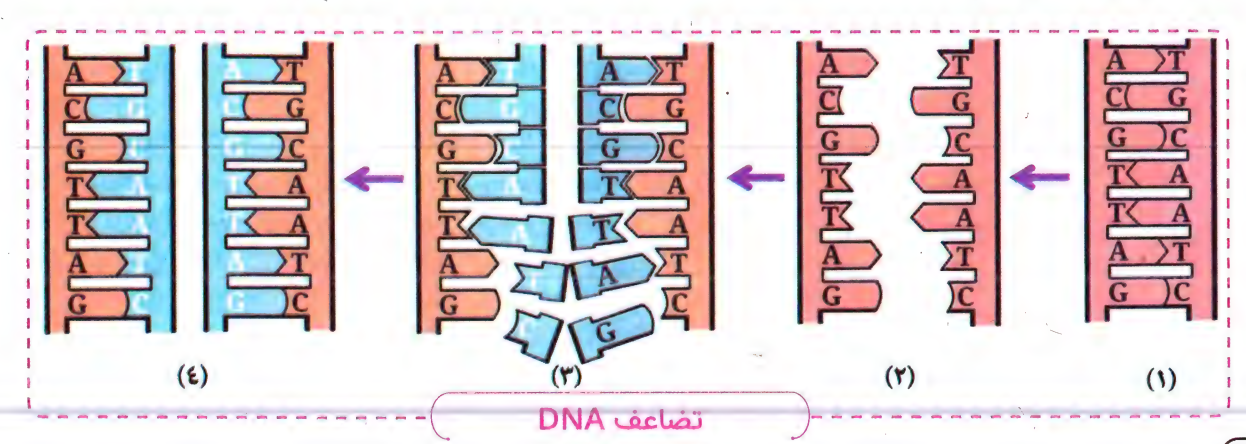
✪ **الهدف:** حتي تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم.

✪ **الملائمة التركيبية لجزيءDNA في عملية تضاعف DNA:**

أشار «واطسون وكريك» إلى أن جزيء DNA يحتوي على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة ... **فسر ؟!**
حيث إن الشريطين يحتويان على قواعد نيتروجينية متكاملة أي أن تتابع النيوكليوتيدات في كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لبناء شريط مقابل له ومتكامل معه فيعمل كل شريط قديم كقالب لبناء شريط DNA جديد يتكامل معه.

✪ **مثال:**

إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية في جزء من أحد الشريطين هو
(5́ ..... C – C – T – A – A ..... 3́)
فإن قطعة الشريط التي تتكامل معه تكون كالتالي:
( 3́ ..... G – G – A – T – T ..... 5́)
وبالتالي عند فصل شريطي DNA عن بعضهما البعض فإن أيًا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه.



تضاعف DNA

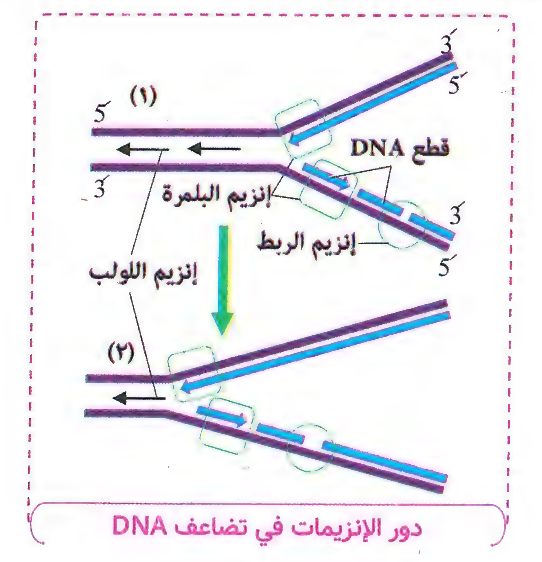
## ✪ شروط حدوث عملية تضاعف DNA:

1. تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات في الخلية مثل إنزيمات اللولب، البلمرة، الربط.
2. وجود شريط DNA قديم يمكن استخدامه كقالب لبناء شريط DNA جديد يتكامل معه.

| | الإنزيم المستخدم | الخطوات |
|---|---|---|
| الفصل | إنزيم اللولب Helicase | ١ تتحرك إنزيمات اللولب (DNA – helicases) على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما عن طريق: كسر الرابطة الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتزاوجة في كلا الشريطين.<br>٢ يبتعد الشريطان عن بعضهما لتتمكن القواعد النيتروجينية من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليوتيدات جديدة. |
| البناء | إنزيم البلمرة polymerase enzyme | تقوم إنزيمات البلمرة (DNA – polymerases) ببناء أشرطة DNA جديدة كالتالي:<br>(أ) في حالة الشريط (´3⟵´5) الأصلي القالب:<br>تقوم إنزيمات البلمرة بإضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة تلو الأخرى من البداية ٥ إلى النهاية ٣ لشريط DNA الجديد، ويتم ذلك بعد أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية في النيوكليوتيدة الجديدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب، وتتم هذه العملية بشكل متصل ويزداد طول شريط DNA النامي تدريجيًا.<br>(ب) في حالة الشريط (´5⟵´3) الأصلي المعاكس:<br>تقوم إنزيمات البلمرة ببناء قطع صغيرة بشكل غير متصل في اتجاه (´5⟵´3) لشريط DNA القالب القديم تاركة ثغرات في الشريط الجديد فبعد أن ينتهي إنزيم البلمرة من بناء قطعة DNA يقوم بالرجوع عكس اتجاهه ليواصل عمله في بناء قطعة جديدة مستقلة وذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل إلا في الاتجاه ´5⟵´3. |
| الربط | إنزيمات الربط DNA-ligase | تقوم إنزيمات الربط (DNA – ligase) بربط قطع DNA الصغيرة المتقطعة التي كونها إنزيم البلمرة أثناء تضاعف الشريط الأصلي المعاكس عن طريق تكون روابط تساهمية بين الطرف ٣ للقطعة الجديدة والطرف ٥ للقطعة السابقة لها للحصول على شريط كامل متصل. |

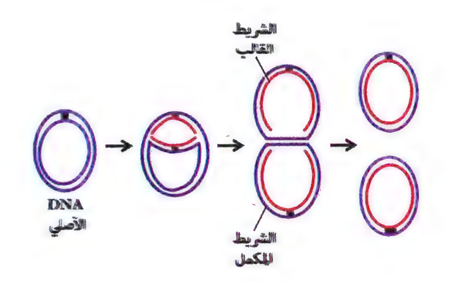
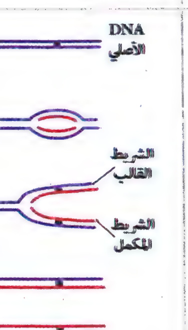
### ملحوظات

- يعمل إنزيم البلمرة في اتجاه واحد فقط وهو من الطرف (´5) إلى الطرف (´3) لذلك فإنه:
  - يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط القالب (´5⟵´3) بمفرده.
  - لا يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط المعاكس (´3⟵´5) إلا بمساعدة إنزيمات الربط.



دور الإنزيمات في تضاعف DNA

**مكان حدوث عملية تضاعف DNA:** يختلف حسب نوع الكائن الحي كالتالي:

| | أوليات النواة | حقيقيات النواة |
|---|---|---|
| **مكان وجود المادة الوراثية** | يوجد DNA في السيتوبلازم غير محاط بغشاء نووي. | يوجد DNA داخل النواة محاط بغشاء نووي. |
| **شكل جزئ DNA** | يوجد في شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه مع بعضهما البعض ويتصل مع الغشاء البلازمي عند نقطة ما يبدأ عندها تضاعف جزيء DNA. | يوجد في صورة صبغيات يحتوي كل صبغي على جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر. |
| **التضاعف** | تبدأ عملية تضاعف DNA عند نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمي للخلية. | تبدأ عملية تضاعف DNA من عند أي نقطة على امتداد جزيء DNA في الصبغي. |
| **الشكل التوضيحي** |   |   |

**ملحوظات**

- قد يكون الكروموسوم (الصبغي) أحادي الكروماتيد أو ثنائي الكروماتيد حسب الطور الانقسامي للخلية.
- يحتوي كل صبغي (كروموسوم مفرد أحادي الكروماتيد) على جزيء واحد من DNA، يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر.
- تتضاعف كمية المادة الوراثية (DNA) في الطور البيني (التحضيري) قبيل انقسام الخلية (ميوزي أو ميتوزي) حتى تحتفظ الخلايا الجديدة الناتجة عن الانقسام بنفس الخصائص الوراثية.
- جدول يوضح العلاقة بين عدد الكروموسومات وعدد جزيئات DNA في الخلايا المختلفة للإنسان.

| | وضع الخلية | عدد الكروموسومات | عدد الكروماتيدات | عدد جزيئات DNA | عدد المجموعات الصبغية | مثال |
|---|---|---|---|---|---|---|
| في الوضع غير الانقسامي سواء ميوزي أو ميتوزي | — | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | الجلد، الشعر. |
| الانقسام الميتوزي | في الطور البيني قبيل الانقسام | ٤٦ | ٩٢ | ٩٢ | ٢ن | |
| | بعد الانقسام | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | |
| الانقسام الميوزي | في الطور البيني قبيل الانقسام | ٤٦ | ٩٢ | ٩٢ | ٢ن | خلية منوية أولية ، خلية بيضية أولية |
| | بعد الانقسام الميوزي الأول | ٢٣ | ٤٦ | ٤٦ | ن | خلية منوية ثانوية، خلية بيضية ثانوية، الجسم القطبي الأول. |
| | بعد الانقسام الميوزي الثاني | ٢٣ | ٢٣ | ٢٣ | ن | الطلائع المنوية، الحيوانات المنوية، البويضات، الأجسام القطبية النهائية. |

## إصلاح عيوب DNA

✪ من المعروف أن كل البوليمرات التي توجد في الخلية قد تتعرض لعدة عوامل داخلية أو خارجية تؤثر على بنيتها الأساسية مما يؤدي إلى تلف تركيبها الكيميائي أو الجزيئي **ومن أمثلة هذه المركبات:**

- **النشا:** بوليمر يتكون من وحدات متكررة من الجلوكوز (مونيمر).
- **البروتين:** بوليمر يتكون من وحدات متكررة من الأحماض الأمينية (مونيمرات).
- **الأحماض النووية:** بوليمرات تتكون من وحدات متكررة من النيوكليوتيدات (مونيمرات).

**البوليمرات**

مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة (كالنشا، البروتين، الأحماض النووية) تتعرض للتلف باستمرار بسبب حرارة الجسم والبيئة المائية داخل الخلية.

✪ يعتبر DNA من المركبات البيولوجية المعرضة للتلف حيث تفقد الخلية البشرية يوميًا حوالي ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) من DNA الموجود بها.

### ✪ أسباب تلف الأحماض النووية داخل الخلايا:

| | التأثير | الأمثلة |
|---|---|---|
| **المركبات الكيميائية** | ينتج عنها تغير في شكل أو تركيب القواعد النيتروجينية إلى قواعد أخرى جديدة مما قد يؤدي إلى حدوث طفرات ينتج عنها تشوهات في الأجنة وتلف في الخلايا أو فقد الخلايا لجزء من وظيفتها. | • المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق.<br>• تناول بعض الأدوية والعقاقير الممنوعة أثناء الحمل.<br>• التعرض بكثرة للمبيدات الحشرية. |
| **التعرض للإشعاع لفترات طويلة أو بكميات كبيرة** | ينتج عنها تكوين روابط هيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتجاورة (حتى لو كانت غير متكاملة) مما قد يؤدي إلى طفرة في الجينات المسئولة عن انقسام الخلايا وبالتالي زيادة فرص الإصابة بسرطانات الجلد. | • الأشعة فوق البنفسجية الضارة الناتجة من التعرض المستمر للإشعاع.<br>• أشعة إكس المستخدمة في تصوير كسور العظام. |
| **درجات الحرارة العالية** | ينتج عنها كسر الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة ويعقبها كسر الروابط التساهمية أيضًا. | • التعرض المستمر للشمس في وقت الظهيرة لفترات طويلة.<br>• التعرض المباشر للحرارة العالية كما يحدث في الأفران. |
| **البيئة المائية داخل الخلية** | زيادة أو نقص المحتوى المائي داخل الخلايا قد ينتج عنه تلف وضمور في الحمض النووي بفعل الضغط وبالتالي تفقد الخلايا وظائفها الحيوية. | • زيادة الضغط الأسموزي للدم بدرجات كبيرة كما يحدث في حالات الجفاف الشديد أو الحروق.<br>• زيادة المحتوى المائي داخل الخلايا عند شرب كميات كبيرة جدًا من الماء (تسمم الماء). |

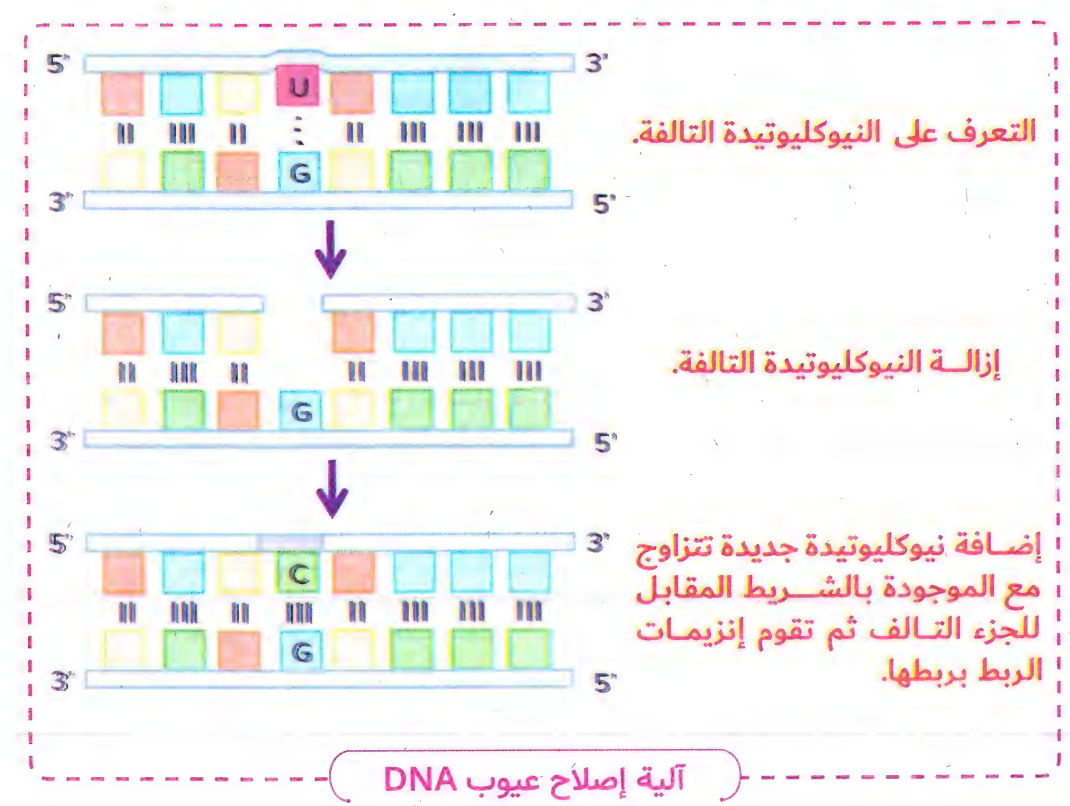



## تأثير تلف DNA:

- عند تعرض DNA للإشعاع أو المركبات الكيميائية أو الحرارة ... ماذا يحدث؟
يتعرض DNA للتلف، ويحدث تغير في المعلومات الوراثية الموجودة به وبالتالي ينتج عنه تغيرات خطيرة في بروتينات الخلية.
- رغم أن هناك آلاف التغيرات التي تحدث لجزيءDNA كل يوم إلا أنه لا يستمر من هذه التغيرات في الخلية سوى تغيرين أو ثلاثة كل عام وتكون لها صفة الدوام . علل؟
لأن الغالبية العظمى من هذه التغيرات تزال بكفاءة عالية نتيجة نشاط مجموعة من الإنزيمات عددها (٢٠ إنزيمًا) تعمل في تناغم على إصلاح عيوب DNA وهي إنزيمات الربط (DNA Ligases)، بينما الذي يستمر من هذه التغيرات في الخلية يكون بسبب حدوث تلف في شريطي DNA في نفس الموقع وفي نفس الوقت.

## آلية إصلاح عيوب DNA:

تقوم إنزيمات الربط بالتعرف على المنطقة التالفة في DNA ثم تقوم بإصلاحها وذلك باستبدال النيوكليوتيدة التالفة بنيوكليوتيدة جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة بالشريط المقابل للجزء التالف، فيظل تركيب DNA ثابتًا عند انتقاله للأجيال التالية.




آلية إصلاح عيوب DNA

## الأساس العلمي لإصلاح عيوب DNA:

يعتمد إصلاح عيوبDNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل شريط من شريطي اللولب المزدوج فلا بد من وجود شريط من الشريطين دون تلف لتستطيع إنزيمات الربط استخدامه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وبالتالي فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث هذا التلف في الشريطين في نفس الموقع ونفس الوقت.

## فسر ؟!

- **يعتبر ازدواج اللولب المزدوج لـ DNA حيويًا للثبات الوراثي في الكائنات الحية.**

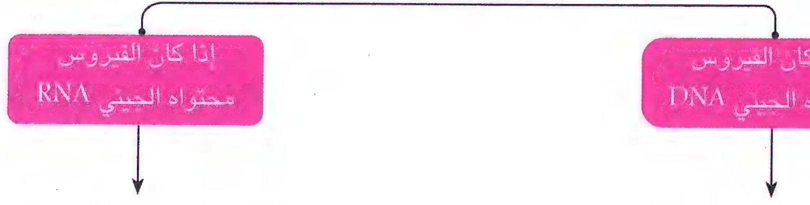
حيث يعتمد إصلاح عيوب DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل شريط من شريطي اللولب المزدوج فوجود شريط من الشريطين دون تلف يجعل إنزيمات الربط تستخدمه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وبالتالي فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث هذا التلف في الشريطين في نفس الموقع ونفس الوقت.

- **يظهر في بعض الفيروسات معدل مرتفع من التغيرات الوراثية (الطفرات).**

**(أو) طفرات الفيروسات المحتوية على RNA أكثر من تلك المحتوية على DNA.**

لأن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على هيئة شريط مفرد من RNA وبالتالي عند حدوث تلف لا يوجد شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف بواسطة إنزيمات الربط فيستمر مما يؤدي إلى حدوث معدل مرتفع من التغيرات الوراثية.

### ماذا يحدث عند : عند تعرض الفيروس لكمية كبيرة من الإشعاع ؟




**إذا كان الفيروس محتواه الجيني DNA:** تتلف بعض النيوكليوتيدات..

- **إذا كان التلف على شريط واحد:** تنشط إنزيمات الربط لإصلاحه واستبدال النيوكليوتيدة التالفة بأخرى جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل للجزء التالف فلا تحدث طفرة.
- **إذا كان التلف على الشريطين في نفس الموقع ونفس الوقت:** لا يمكن إصلاحه فيستمر وتحدث طفرة.

**إذا كان الفيروس محتواه الجيني RNA:** تتلف بعض النيوكليوتيدات..

لا يمكن لإنزيمات الربط إصلاح هذا التلف لعدم وجود شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف فيستمر مما يؤدي إلى تغير في الصفات الوراثية وحدوث طفرة.

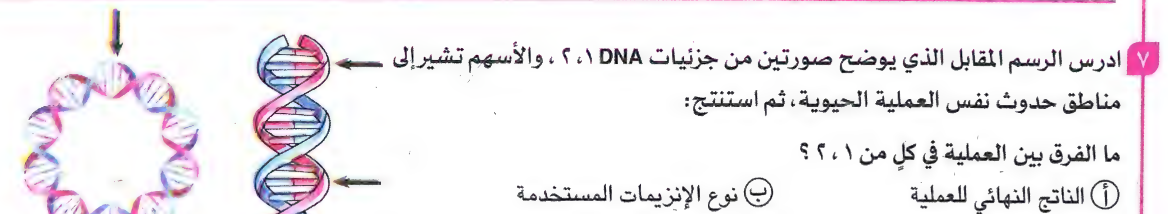



**٦ ما التلف الذي يمكن إصلاحه باستخدام أنزيمات إصلاح عيوب DNA ؟**

(أ) تلف قاعدة بيورينية في أحد درجات سلم DNA
(ب) إزالة أحد درجات سلم DNA
(ج) تلف في أحد جينات فيروس الأنفلونزا
(د) تكسير الروابط الهيدروجينية بين أزواج القوعد النيتروجينية

---

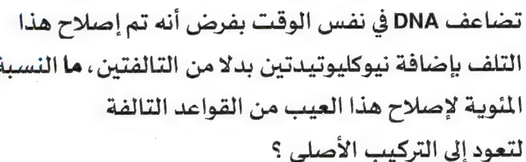
**٧ ادرس الرسم المقابل الذي يوضح صورتين من جزيئات DNA ١، ٢ ، والأسهم تشير إلى مناطق حدوث نفس العملية الحيوية، ثم استنتج:**




ما الفرق بين العملية في كلٍ من ١ ، ٢ ؟

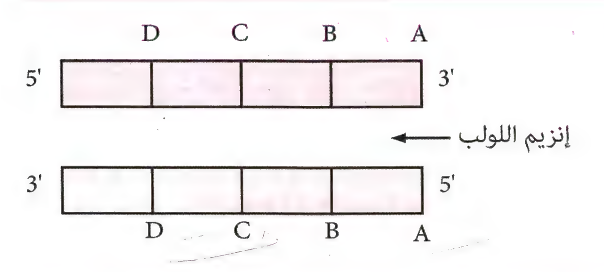
(أ) الناتج النهائي للعملية
(ب) نوع الإنزيمات المستخدمة
(ج) الغرض من العملية
(د) نقطة بدء العملية





**٨** **ادرس الرسم** الذي يوضح فقد القواعد المشار إليها أثناء تضاعف DNA في نفس الوقت بفرض أنه تم إصلاح هذا التلف بإضافة نيوكليوتيدتين بدلا من التالفتين، **ما النسبة** المئوية لإصلاح هذا العيب من القواعد التالفة لتعود إلى التركيب الأصلي ؟

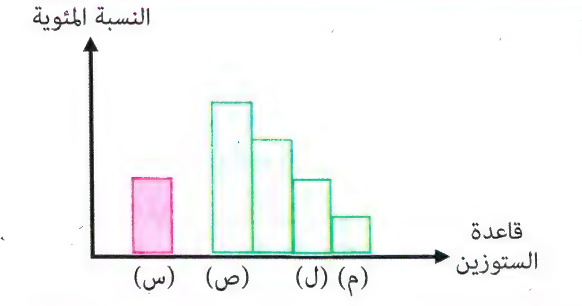
(أ) ٧٥ ٪ (ب) ١٠٠ ٪ (ج) ٢٥ ٪ (د) صفر ٪




**٩** **الرسم يوضح** عملية تضاعف DNA بفرض أن إنزيم اللولب يقوم بفصل شريطي DNA بداية من A حتى D **ما** الترتيب الصحيح لاتجاه عمل إنزيم البلمرة على الشريط DNA القالب $5' \leftarrow 3'$ أثناء عملية التضاعف ؟

(أ) $\overrightarrow{AB}$ ثم $\overrightarrow{BC}$ ثم $\overrightarrow{CD}$ (ب) $\overrightarrow{DC}$ ثم $\overrightarrow{CB}$ ثم $\overrightarrow{BA}$

(ج) $\overrightarrow{BA}$ ثم $\overrightarrow{CB}$ ثم $\overrightarrow{DC}$ (د) $\overrightarrow{CD}$ ثم $\overrightarrow{BC}$ ثم $\overrightarrow{AB}$

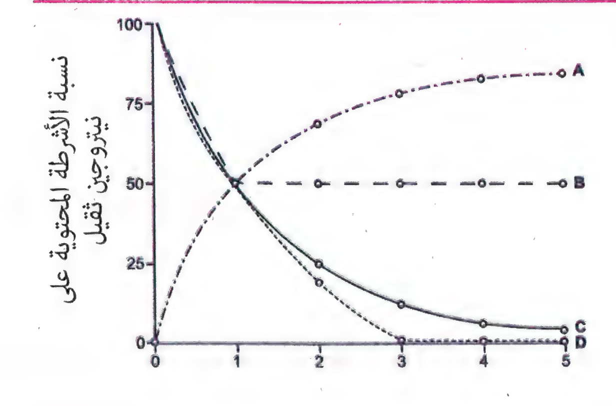



**١٠** الحرف (س) في الشكل البياني المقابل يعبر عن النسبة المئوية لقاعدة السيتوزين في خلية من الجلد قبل دخولها في الانقسام مباشرةً،

ادرس الشكل جيدًا ثم استنتج:

**ما** الحرف الذي يعبر عن النسبة المئوية لقاعدة السيتوزين عندما تدخل هذه الخلية في الطور الاستوائي من أطوار الانقسام ؟

(أ) ص (ب) ع (ج) ل (د) م




**١١** في تجربة تم خلالها زراعة بكتريا مرقمة بالنيتروجين الثقيل ($^{15}N$) في وسط غذائي يحتوي على نيتروجين عادي ($^{14}N$)، وتركت تتكاثر لخمسة أجيال متتالية مع تقدير نسبة الأشرطة المحتوية على النيتروجين الثقيل بكل جيل، **في ضوء ذلك استنتج:**

**أي** المنحنيات التالية تعبر عن التغير في نسبة الأشرطة المحتوية على النيتروجين الثقيل عبر هذه الأجيال ؟

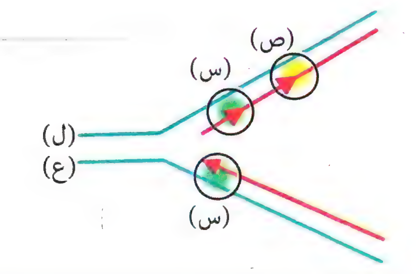
(أ) A (ب) B

(ج) C (د) D



**١٢** **من الشكل الذي أمامك** أي البدائل التالية صحيحة ؟

| | الإنزيم (س) | الإنزيم (ص) | النهاية (ع) |
|---|---|---|---|
| (أ) | اللولب | الربط | تحتوي على مجموعة فوسفات حرة |
| (ب) | البلمرة | الربط | تحتوي على مجموعة هيدروكسيل حرة |
| (ج) | الربط | البلمرة | تحتوي على مجموعة فوسفات مرتبطة |
| (د) | البلمرة | الربط | تحتوي على مجموعة فوسفات حرة |



**١٣** ادرس الشكل المقابل ثم أجب:

**(١)** الشكل المقابل يعبر عن عملية .........

Ⓐ التضاعف في أوليات النواة
Ⓑ النسخ في أوليات النواة
Ⓒ التضاعف في حقيقيات النواة
Ⓓ النسخ في حقيقيات النواة

نيوكليوتيدات حرة — إنزيم (ل) — إنزيم (م) — إنزيم (ل)
أدنين — (س) — (ص) — (ع)

**(٢)** أي البدائل التالية تمثل القواعد النيتروجينية المشار إليها بالرموز (س)، (ص)، (ع) ؟

| | س | ص | ع |
|---|---|---|---|
| (أ) | يوراسيل | سيتوزين | جوانين |
| (ب) | ثايمين | جوانين | سيتوزين |
| (ج) | سيتوزين | ثايمين | جوانين |
| (د) | ثايمين | يوراسيل | سيتوزين |

**(٣)** نستنتج من الشكل المقابل أن .........

Ⓐ الإنزيم (ل) يعمل في اتجاهين متضادين
Ⓑ الإنزيم (م) يبني نيوكليوتيدات جديدة في اتجاه واحد فقط
Ⓒ الإنزيم (ل) يمكن أن يعمل بدون الحاجة للإنزيم (م)
Ⓓ عمل الإنزيم (ل) ينتج عنه تكوين روابط تساهمية وهيدروجينية في اتجاه واحد فقط

**١٤** أي الأشكال التالية تعبر عن عملية تضاعف DNA صحيحة ؟

(أ) نقطة التضاعف — 5′ 3′ 3′ 5′
(ب) نقطة التضاعف — 5′ 3′ 3′ 5′
(ج) نقطة التضاعف — 3′ 5′ 5′ 3′
(د) نقطة التضاعف — 5′ 3′ 3′ 5′

## أولا DNA في أوليات النواة

### أوليات النواة

كائنات حية لا تحاط فيها المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم مثل البكتيريا.

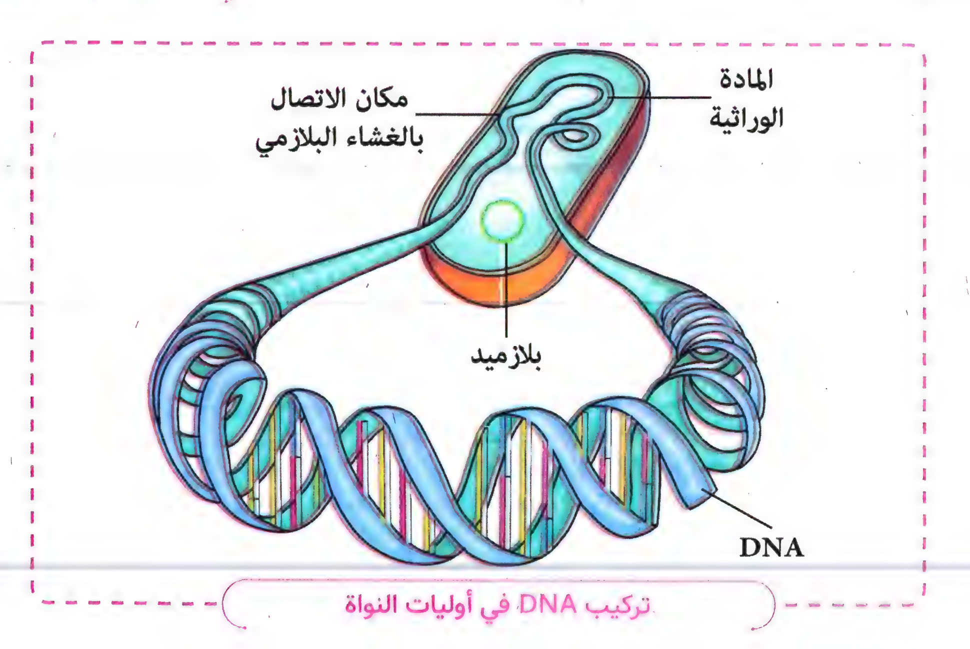
**خصائص المادة الوراثية في أوليات النواة (البكتيريا):**

استطاع العلماء عزل المادة الوراثية الخاصة بالبكتيريا من خلال تجارب عديدة أجريت على نوع من البكتيريا التي تقطن في أمعاء الإنسان (بكتيريا نافعة غير ضارة) تسمى إيشيريشيا كولاي (E.coli)) نستنتج منها ما يلي:

١. توجد المادة الوراثية DNA حرة في السيتوبلازم غير محاطة بغشاء نووي ولا تنتظم في صورة صبغيات حقيقية كما في حقيقيات النواة.
٢. يلتف جزيء DNA حول نفسه على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معا سواء أثناء انقسام الخلية البكتيرية أو في الوضع الطبيعي غير الانقسامي للخلية البكتيرية.
٣. يصل طول DNA (بعد فرده في خط مستقيم إن أمكن) إلى حوالي ١,٤ مم (١٤٠٠ ميكرون) بينما يصل طول الخلية البكتيرية نفسها إلى حوالي ٢ ميكرون.
٤. يلتف جزيء DNA حول نفسه (غير معقد بالبروتين) عدة مرات ليحتل منطقة نووية طولها ٠,٢ ميكرون (أي ما يعادل ٠,١ من طول الخلية البكتيرية).
٥. يتصل DNA بالغشاء البلازمي للخلية البكتيرية في موقع أو أكثر يبدأ عندها تضاعف DNA.



صورة DNA بالمجهر الإلكتروني في أوليات النواة




تركيب DNA في أوليات النواة





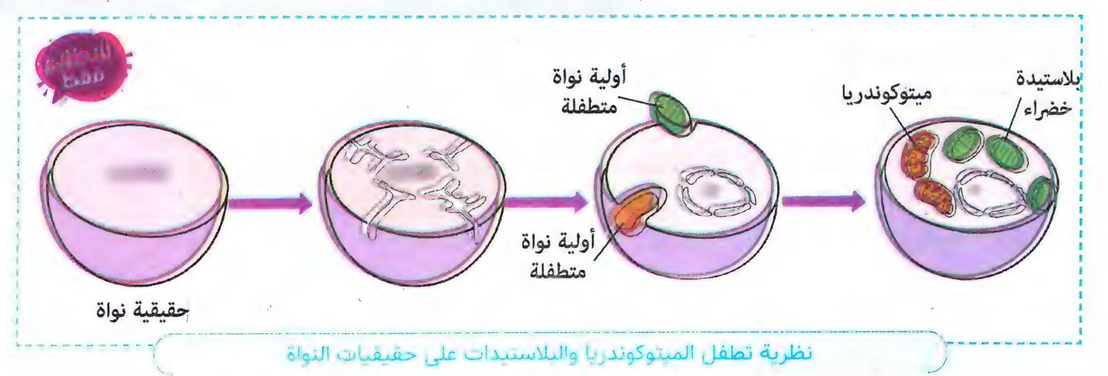

تحتوي بعض أنواع البكتريا على تراكيب إضافية تحتوي على DNA تعرف بـ«البلازميدات Plasmids».

## البلازميدات

| | |
|---|---|
| مكان الوجود | • توجد في أوليات النواة مثل البكتيريا .<br>• توجد في بعض حقيقيات النواة مثل فطر الخميرة . |
| التركيب الكيميائي | جزيئات دائرية تتكون بشكل أساسي من DNA ولا تتعقد بالبروتينات. |
| الحجم | أصغر حجما من DNA الرئيسي وتحتوي على كمية أقل من الجينات. |
| الأهمية بالنسبة لأوليات النواة | - تحتوي على جينات مسئولة عن صفات غير مهمة للحياة اليومية (لا تؤثر على الوظائف الأساسية كالنمو والتكاثر) ولكنها تكسب البكتيريا صفات معينة كقدرتها على مقاومة المضادات الحيوية. |
| الأهمية في تطبيقات الهندسة الوراثية | - تستخدم على نطاق واسع في الهندسة الوراثية، حيث تتضاعف البلازميدات في نفس الوقت الذي تتضاعف فيه الخلايا البكتيرية لـ DNAالرئيسي بها ويستغل العلماء هذا التضاعف بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات. |
| الشكل التوضيحي | DNA البكتيري<br>بلازميدات |

### ملحوظات

• يوجد داخل بعض العضيات الخلوية الخاصة بخلايا حقيقيات النواة جزيئات DNA تشبه تلك الموجودة في خلايا أوليات النواة (أي أنها لا تنتظم في صورة صبغيات) مثل:
• البلاستيدات الخضراء (في الخلايا النباتية فقط) المسئولة عن عملية البناء الضوئي.
• الميتوكوندريا (في كل من الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية) المسئولة عن عملية التنفس الخلوي وتوليد الطاقة.
لذا يعتقد أن الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء نشأت كأوليات نواة متطفلة داخل خلايا حقيقيات النواة ثم استقرت بها.




نظرية تطفل الميتوكوندريا والبلاستيدات على حقيقيات النواة



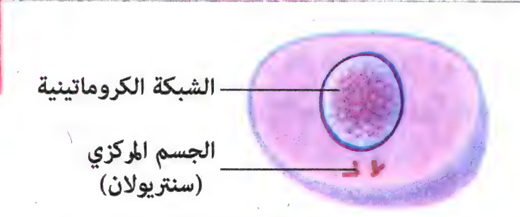
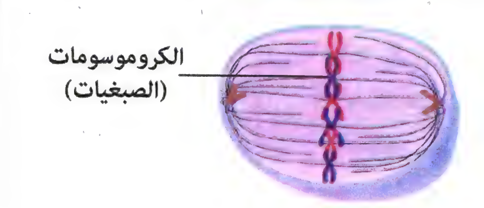

## ثانيا DNA في حقيقيات النواة

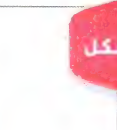
### حقيقيات النواة

كائنات حية تحاط فيها المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم مثل الإنسان.

**خصائص المادة الوراثية في حقيقيات النواة (الإنسان):**

1. يختلف شكل المادة الوراثية حسب وضع الخلية كالتالي:

| | في الوضع الطبيعي (غير الانقسامي) | في الوضع الانقسامي للخلية |
|---|---|---|
| التوضيح | تتواجد المادة الوراثية في صورة شبكة متداخلة من الحمض النووي DNA ومجموعات مختلفة من البروتينات تعرف مجتمعة بـ«الكروماتين». | تنتظم المادة الوراثية في صورة أجسام عصوية يمكن رؤيتها تحت الميكروسكوب بعد صبغها بصبغة خاصة في صورة أجسام ملونة تعرف بـ«الكروموسومات أو الصبغيات» وتكون أكثر وضوحًا في الطور الاستوائي أثناء انقسام الخلية. |
| الشكل |   |   |




### الكروماتين

جزيء واحد من DNA يلتف ويطوي عدة مرات مرتبطًا بالعديد من البروتينات ويحتوي عادةً على كميات متساوية من DNA والبروتين.

2. تحتوي كل خلية جسدية في الإنسان على ٤٦ صبغي.
3. يدخل في تركيب الصبغي الواحد جزيء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر ولا يتصل بالغشاء البلازمي للخلية ويسمى عندئذ بالكروموسوم أحادي الكروماتيد.
4. يرتبط DNA بمجموعات متنوعة من البروتينات الهستونية والبروتينات غير الهستونية .

## البروتينات التي تدخل في تركيب الصبغي

| | البروتينات الهستونية | البروتينات غير الهستونية |
|---|---|---|
| المفهوم | مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة توجد في كروماتين الخلية بكميات ضخمة، وتحتوي على قدر كبير من الحمضين الأمينين القاعدين الأرچينين والليسين. | مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية والتنظيمية تدخل في تركيب الكروماتين. |
| النوع | تركيبية فقط (تدخل في تركيب الكروموسوم). | تركيبية وتنظيمية (تدخل في تركيب ووظيفة الكروموسوم). |

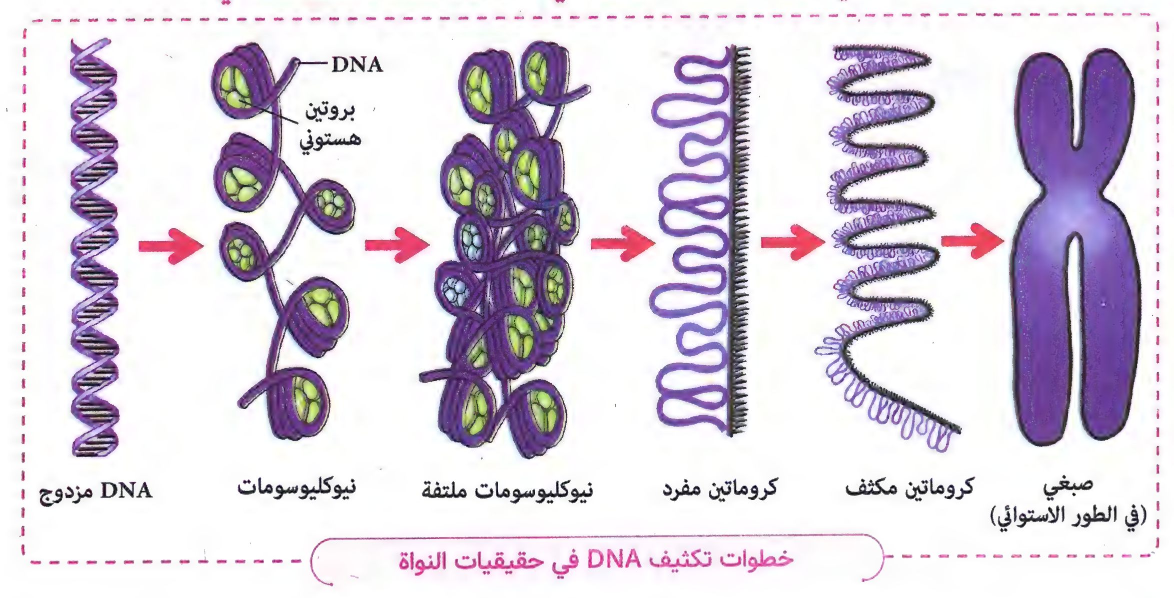
| | | |
|---|---|---|
| الأهمية البيولوجية | ◆ ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات السالبة الموجودة في جزيء DNA ، وذلك لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينيين (الأرجينين والليسين) تحمل شحنات موجبة عند الأس الهيدروجيني (pH) العادي للخلية.<br>◆ مسئولة عن تقصير جزيء DNA عشر مرات عن طريق تكوين حلقات من النيوكليوسومات. | ١ البروتينات التركيبية: تلعب دورًا رئيسا في التنظيم الفراغي لجزيء DNA داخل النواة كما أنها مسئولة عن تقصير جزيء DNA حوالي ١٠٠,٠٠٠ مرة عن طريق تكوين الكروماتين المكثف.<br>٢ البروتينات التنظيمية: تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم في بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا. |
| تكثيف DNA | مسئولة عن تقصير DNA في المراحل الأولى من عملية تكثيف DNA. | مسئولة عن تقصير DNA في المراحل الأخيرة من عملية تكثيف DNA. |

## تكثيف DNA

إذا تصورنا أنه يمكن فك اللولب المزدوج لجزيءDNA في كل صبغي ووضع هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها ٢ متر لذا تقوم الهستونات وغيرها من البروتينات بمسئولية تكثيف (ضم) الجزيئات الطويلة لتقع في حيز نواة الخلية التي يتراوح قطرها من ٢ : ٣ ميكرون.

### خطوات تكثيف DNA:

لقد أوضح التحليل البيوكيميائي وصور المجهر الإلكتروني أن جزيء DNA يتكاثف كالآتي:




خطوات تكثيف DNA في حقيقيات النواة

١ يلتف جزيء DNA حول مجموعات من البروتينات الهستونية مكونًا حلقات من النيوكليوسومات، مما يؤدي إلى تقصير طول جزيءDNA عشر مرات ولكن لا بد أن يقصر DNA ١٠٠,٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة.

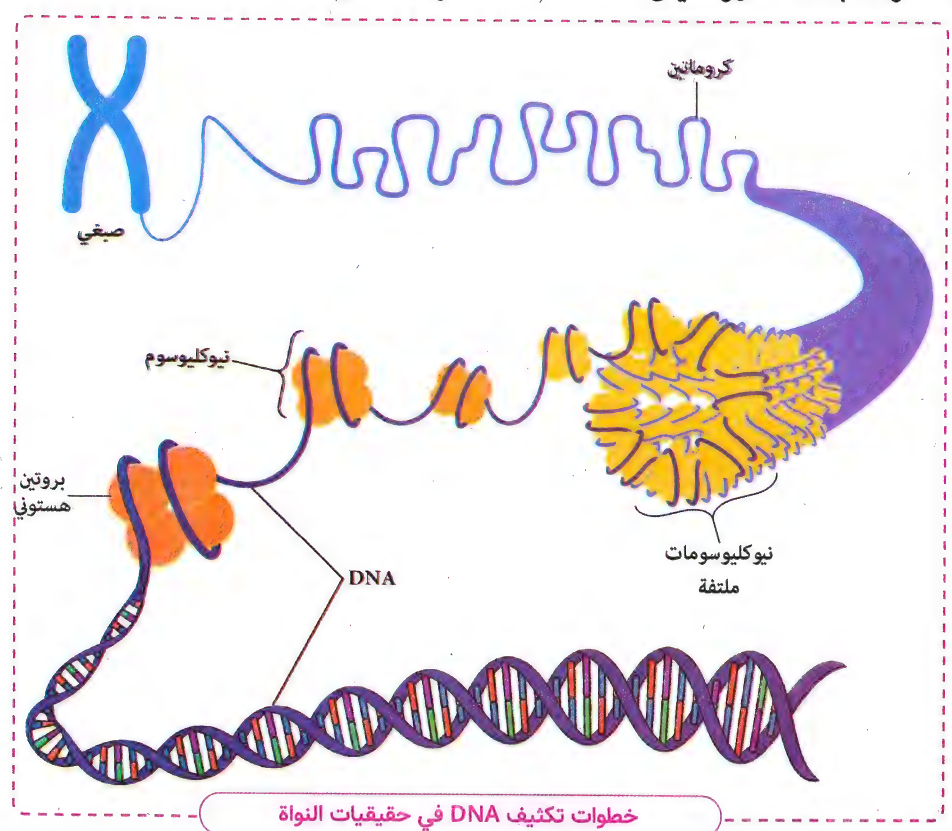
**النيوكليوسومات**

حلقات في الصبغي تتكون من التفاف جزيء DNA حول مجموعة من البروتينات الهستونية، وذلك لتقصير طول جزيء DNA عشر مرات.




٢ تلتف حلقات النيوكليوسومات مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ولكن هذا أيضًا لا يكفي لتقصير جزيء DNA إلى الطول المطلوب.

٣ ترتب أشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية مكونة بذلك الكروماتين المكثف (الملتف والمكدس).




خطوات تكثيف DNA في حقيقيات النواة

### ملحوظات

- توجد النيوكليوسومات في خلايا حقيقيات النواة مثل الأميبا، بينما لا توجد النيوكليوسومات في خلايا أوليات النواة مثل البكتيريا.
- توجد البلازميدات في خلايا أوليات النواة مثل البكتيريا، بينما لا توجد البلازميدات في خلايا حقيقيات النواة ماعدا خلايا فطر الخميرة.
- لا تستطيع إنزيمات التضاعف والنسخ التعرف على DNA والعمل عليه عندما يكون في صورة كروموسوم أو كروماتين، بينما تستطيع هذه الإنزيمات التعرف على DNA عندما يكون في صورة نيوكليوسومات مفردة او لولب مزدوج.
- يتعين فك التفاف أو تكدس جزيء DNA قبل أن يعمل كقالب لبناء DNA أو RNA ؛ لوجود بروتينات غير هستونية تركيبية تعمل على التفاف وتكدس جزيء DNA في صورة كروماتين مكثف لا تصله الإنزيمات الخاصة لتضاعفه فيلزم فك هذا الالتفاف أو التكدس على الأقل إلى مستوى شريط مفرد من النيوكليوسومات لضمان وصول إنزيمات التضاعف إليه.
- عمليتا فك وتكثيف DNA تخضعان لسيطرة بعض الإنزيمات والبروتينات التنظيمية حسب حاجة الخلية ووظيفتها.

مثال:

– خلايا الغدة الدرقية المسئولة عن إفراز هرمون الثيروكسين يتم فيها فك التفاف DNA عند مواضع الجينات المسئولة عن تكوين الثيروكسين بشكل دوري، بينما يتم فيها تكثيف وضم DNA عند مواضع الجينات المسئولة عن تكوين الإنسولين بشكل مستمر كي لا تصل إنزيمات النسخ إليه.

## تركيب المحتوى الجيني Genome

توصل الباحثون عام ١٩٧٧م إلى طريقة يمكن بها تحديد تتابعات النيوكليوتيدات في جزيئات DNA، RNA مما أدى إلى معرفة ترتيب الجينات داخل جزيئات DNA في الخلية.

**المحتوى الجينى**
كل الجينات وبالتالي كل DNA الموجود في الخلية.

✪ **درجة النشاط الجيني:** تختلف من كائن حي لآخر كالتالي:

| المحتوى الجيني في أوليات النواة | المحتوى الجيني في حقيقيات النواة |
|---|---|
| تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجيني. | أقل من ٧٠٪ من الجينات مسئولة عن بناء RNA والبروتينات وباقي الجينات غير معلومة الوظيفة. |

✪ **أمثلة على الجينات:**

١. تتابع النيوكلوتيدات المسئولة عن بناء المركبات البروتينية عن طريق نسخ mRNA)).
٢. تتابع النيوكليوتيدات التي ينسخ منها جزيئات RNA الريبوسومي (rRNA) الذي يدخل في بناء الريبوسومات.
٣. تتابع النيوكليوتيدات التي ينسخ منها جزيئات RNA الناقل (tRNA) الذي يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين.

- **التكرار:** توجد معظم جينات المحتوى الجيني للخلية بنسخة واحدة عادة إلا أن بعض التتابعات يوجد منها نسخ مكررة، مثل:

أ. الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومي والهستونات التي تحتاجها الخلية بكميات كبيرة حيث وجد أن العديد من نسخ هذه الجينات تعمل على سرعة إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات، ولذلك يوجد منها مئات النسخ في كل خلايا حقيقيات النواة.
ب. تتابع النيوكليوتيدات القصير (A – G – A – A – G) في الدروسوفيلا (ذبابة الفاكهة) والذي يتكرر حوالي (١٠٠,٠٠٠ مرة) في منتصف أحد الصبغيات وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أي شفرة (وظيفته غير معروفة).

### ✪ النسخ والترجمة:

• بعض الجينات لها شفرة على DNA ويتم ترجمتها إلى بروتينات تركيبية أو وظيفية.
**مثل:** چينات تصنيع بروتين الكولاچين أو هرمون الأنسولين.
• بعض الجينات ليس لها شفرة على DNA وبالتالي لا يتم ترجمتها إلى بروتينات.
– **مثل:**
• الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات.
• كمية كبيرة من DNA في المحتوى الجيني لحقيقيات النواة مثل النبات والحيوان.
– **الوظيفة:**
• يعتقد أنه يعمل على احتفاظ الصبغيات بتركيبها.
• تمثل إشارات للمناطق التي يجب أن يبدأ عندها بناء RNA الرسول (mRNA) وتعتبر هذه المناطق هامة في بناء البروتين وتسمى بـ«المحفز».

## ملحوظات

• ليست هناك علاقة بين كمية DNA الموجودة في المحتوى الجيني ومقدار رقي وتعقد الكائن الحي.
(أو) لا تتوقف كمية البروتين على كمية DNA في الخلايا ... فسر؟

– حيث لاحظ العلماء أن كمية صغيرة فقط من DNA في كل من النبات والحيوان هي التي تحمل شفرة بناء البروتينات فمثلًا حيوان السلمندر يوجد به أكبر محتوى جيني حيث تحتوي خلاياه على كمية DNA تعادل ٣٠ مرة قدر كمية DNA الموجودة في الخلايا البشرية ومع ذلك تنتج خلاياه كمية أقل من البروتين وذلك لوجود كمية كبيرة من DNA به لا تمثل شفرة.

## للاطلاع فقط

• الحبيبات الطرفية الموجودة في أطراف الصبغيات تحمي الصبغيات من التحلل بواسطة الإنزيمات الهاضمة أثناء تضاعف DNA.

حيوان السلمندر

| | |
|---|---|
| **الإنسان** | • قطر نواة الخلية في الإنسان يتراوح بين (٢ : ٣) ميكرون.<br>• طول جزيء DNA في الخلايا الجسدية للإنسان إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض حوالي ٢ متر.<br>• طول جزيء DNA في حيوان منوي واحد إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض حوالي ١ متر. |
| **حيوان السلمندر** | • عدد جزيئات DNA في الخلايا الجسدية لحيوان السلمندر= ٣٠ ×٤٦= ١٣٨٠ جزيء.<br>• طول جزيئات DNA في الخلية الجسدية الواحدة لحيوان السلمندر إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض= ٦٠ متر.<br>• طول جزيئات DNA في حيوان منوي واحد لحيوان السلمندر إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض= حوالي ٣٠ متر. |
| **بكتيريا إيشيريشيا كولاي** | • طول المنطقة النووية في بكتيريا إيشيريشيا كولاي ٠,١ من حجم الخلية البكتيرية.<br>• طول جزيء DNA في بكتيريا إيشيريشيا كولاي إن أمكن فرده حوالي ١,٤ مم.<br>• طول الخلية البكتيرية نفسها يصل إلى حوالي ٢ ميكرون. |

- مقارنة بين أوليات النواة وحقيقيات النواة:

| | أوليات النواة Prokaryotes | حقيقيات النواة Eukaryotes |
|---|---|---|
| **الحجم** | أقل حجمًا. | أكبر حجمًا. |
| **عدد الخلايا** | وحيدة الخلية. | معظمها عديدة الخلايا. |
| **النواة** | لا تحاط المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم. | تحاط المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم. |
| **العضيات الغشائية (مثل الميتوكوندريا)** | لا توجد. | توجد. |

| | | |
|---|---|---|
| العضيات غير الغشائية (مثل الريبوسومات) | توجد وتكون أقل حجمًا. | توجد وتكون أكبر حجمًا. |
| طريقة التكاثر السائدة | الانشطار الثنائي البسيط. | تتكاثر لاجنسيًا أو جنسيًا باختلاف نوع الكائن الحي. |
| تضاعف DNA | تبدأ عملية تضاعف DNA عند نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمي للخلية. | تبدأ عملية تضاعف DNA من عند أي نقطة على امتداد جزيء DNA في الصبغي . |
| اتصال المادة الوراثية بالغشاء البلازمي | تتصل بالغشاء البلازمي عند نقطة أو أكثر. | لا تتصل بالغشاء البلازمي. |
| مثال | البكتيريا<br>مكان الاتصال بالغشاء البلازمي – المادة الوراثية – بلازميد – DNA | خلايا الإنسان<br>غشاء النواة – النواة – المادة الوراثية – DNA – بروتينات هيستونية |

## الأداء الذاتي

**١ الرسم البياني يوضح النسبة بين كمية DNA وكمية البروتين التى تنتجها أربع خلايا لكائنات حية مختلفة، ما الذي يمكن استنتاجه بالنسبة للكائن (أ) ؟**

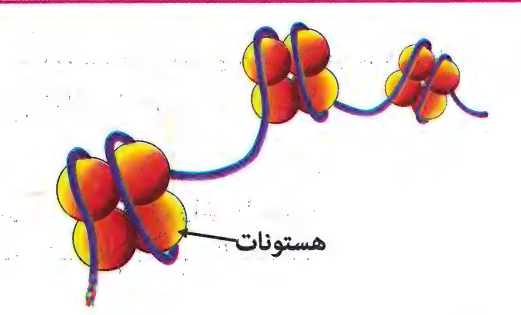
(أ) يعتبر من أوليات النواة
(ب) يعتبر من حقيقيات النواة
(ج) صاحب أكبر محتوى جيني
(د) كمية DNA التي تمثل الشفرة أقل من ٧٠٪

الكمية
DNA
بروتين
الكائن الحي
(أ) (ب) (ج) (د)

**٢ ادرس الشكل ثم أجب:**

**ما العملية التى يستخدم فيها التركيب الموضح بالشكل ؟**

(أ) تضاعف DNA في الخلية البكتيرية
(ب) انقسام الخلية البشرية
(ج) انقسام الخلية البكتيرية
(د) تضاعف DNA في الخلية البشرية



٣ **ما الاختلاف بين جزيء DNA في الكروموسوم الـ١٠ وجزيء ال DNA في الكروموسوم الـ١٥؟**

Ⓐ الروابط في هيكلي سكر فوسفات  Ⓑ نوع السكر
Ⓒ الروابط بين القواعد النيتروجينية  Ⓓ عدد الجينات

---

٤ **ادرس الرسم الذي يوضح إحدى صور DNA: ما الذي يمكن استنتاجه حول نوع الكائن الحي الذي يحتوي على هذا الشكل؟**



Ⓐ أحد الفيروسات
Ⓑ أحد حقيقيات النواة
Ⓒ أحد أوليات النواة
Ⓓ قد يكون أحد أوليات النواة أو أحد حقيقيات النواة









## الطفرات Mutations

**الطفرات**

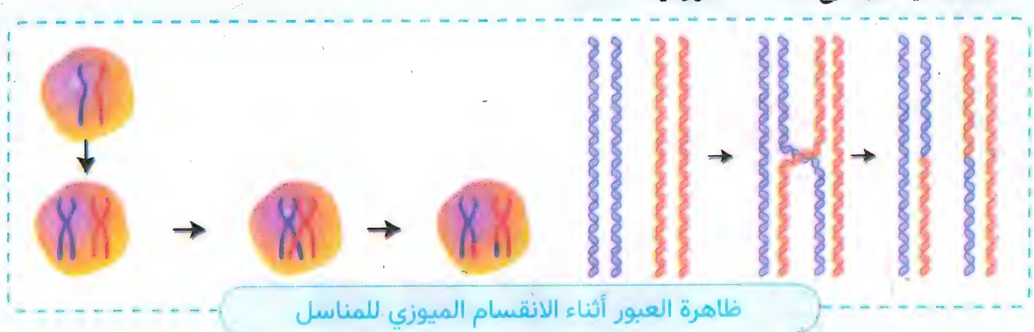
تغيرات مفاجئة في طبيعة العوامل الوراثية التي تتحكم في صفات معينة مما يؤدي إلى تغير هذه الصفات في الكائن الحي.

**أسباب الحدوث:**

1. تغير تركيب العامل الوراثي (الچين).
2. تأثيرات البيئة المحيطة.
3. تغير عدد الصبغيات أثناء الانقسام.

### ملحوظات

- بعض عوامل البيئة المحيطة قد تغير من صفات الكائن الحي ومع ذلك لا تعتبر طفرة؛ لأنه لم يصاحبها تغير في تركيب العوامل الوراثية (الجينات) مثل ظهور السمنة نتيجة الإفراط في الأكل وقلة الحركة والنشاط.
- قد يطرأ على تركيب الصبغي بعض التغيرات التي لا تعتبر طفرة، مثل:
  - انعزال الجينات أثناء الانقسام الميوزي للمناسل ويظهر ذلك بوضوح في الجينات السائدة الهجينة.
  - انفصال الجينات وإعادة اتحادها أثناء عملية العبور (الانقسام الميوزي) حيث تتبادل بعض الجينات بين الكروموسومات المتماثلة مما يضمن تنوع الصفات الوراثية.


ظاهرة العبور أثناء الانقسام الميوزي للمناسل

## تصنيف الطفرات

### أولا تبعًا لتوارثها

#### ١ طفرة حقيقية

تتوارث على مدى الأجيال المتتالية وتظهر في النسل مثل سلالة الأغنام أنكن وظاهرة التحول البكتيري.

#### ٢ طفرة غير حقيقية

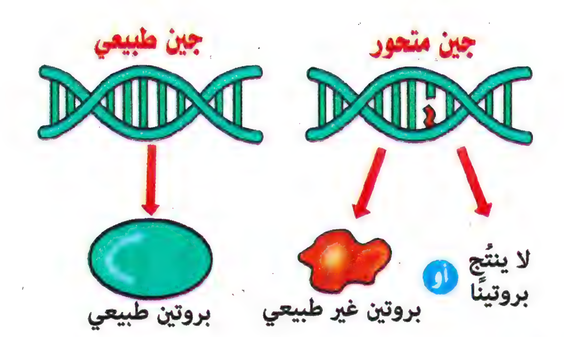
لا تتوارث على مدى الأجيال المتتالية ولا تظهر في النسل مثل ذكر كلاينفلتر لأنه عقيم.

### ثانيا تبعًا لأهمية الطفرة

| | طفرات مرغوب فيها | طفرات غير مرغوب فيها |
|---|---|---|
| الشيوع | نادرة الحدوث لدرجة أن الإنسان يحاول استحداثها بالطرق العلمية المختلفة ليستفيد منها. | تمثل أغلب الطفرات. |
| الأمثلة | • الطفرة التي حدثت في قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكي حيث لاحظ ظهور خروف في قطيعه له أرجل قصيرة ومقوسة واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث لم يستطع الخروف تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة فاهتم بها حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم «أنكن Ancon».<br>• الطفرات التي أدت إلى زيادة إنتاج المحاصيل النباتية. | • بعض التشوهات الخلقية في الإنسان.<br>• العقم في النباتات والذي يصاحبه نقص في إنتاج المحصول. |

## ثالثًا تبعًا لنوع الطفرة

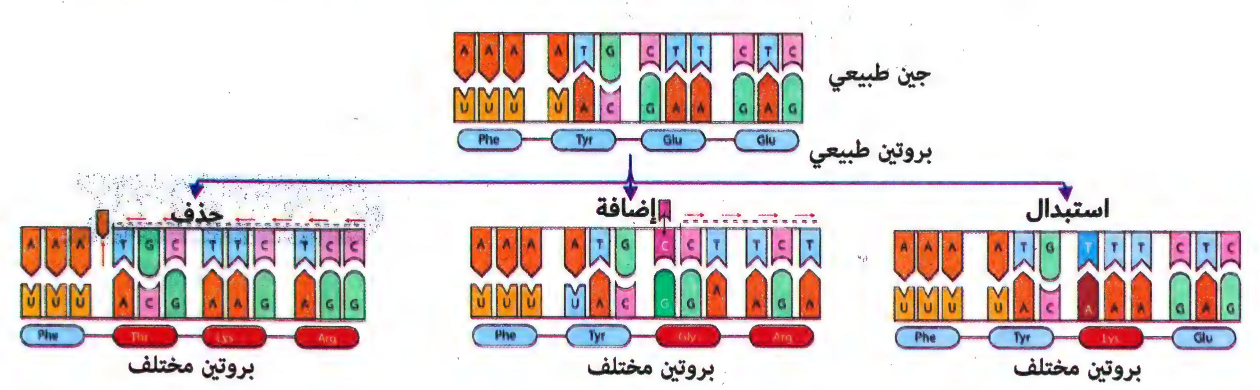
### ١ الطفرات الجينية




**سبب حدوثها:** تغير كيميائي في تركيب الچين خاصة نتيجة تغيير ترتيب القواعد النيتروجينية في جزيء DNA.

**آلية الحدوث:** تنشأ الطفرات الچينية نتيجة:

- استبدال النيوكليوتيدة بأخرى من نوع مختلف.
- إضافة نيوكليوتيدة جديدة إلى تركيب الچين.
- حذف أو نقص نيوكليوتيدة من تركيب الچين.




**النتائج المترتبة على الطفرات الجينية:**

١ يؤدي إلى تكوين بروتين مختلف يعمل على ظهور صفة جديدة، مثل حدوث طفرة في الچين المسئول عن تكوين الأنسولين في خلايا بيتا بالبنكرياس ينتج عنه عدم تكون الأنسولين وبالتالي الإصابة بمرض البول السكري.

٢ قد يصاحب التغير في التركيب الكيميائي للچين تحوله من چين سائد إلى متنحٍ وقد يحدث العكس في حالات نادرة

### ٢ الطفرات الصبغية

**سبب حدوثها:** التغير في أعداد أو تركيب الصبغيات.

**صوره:**

#### ١ التغير في عدد الصبغيات

نقص أو زيادة صبغي واحد أو أكثر في الأمشاج بعد الانقسام الميوزي.

**أمثلة:**

١- متلازمة كلاينفلتر. ٢- متلازمة تيرنر. ٣- التضاعف الصبغي.

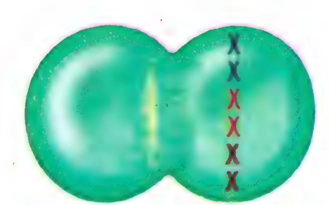
| | متلازمة كلاينفلتر | متلازمة تيرنر |
|---|---|---|
| التركيب الوراثي | XXY+ ٤٤ | X + ٤٤ |
| الجنس | ذكر بسبب وجود الصبغي Y. | أنثى بسبب غياب الصبغي Y. |
| آلية حدوث الطفرة | زيادة صبغي جنسي واحد X في الأمشاج أثناء الانقسام الميوزي. | نقص صبغي جنسي واحد X في الأمشاج أثناء الانقسام الميوزي. |
| توارث الطفرة | طفرة صبغية غير حقيقية (ذكر عقيم). | طفرة صبغية غير حقيقية (أنثى عقيمة). |
| الخصائص | يظهر عليه صفات الأنوثة مثل التثدي ونعومة الصوت بسبب وجود نسختين من الكروموسوم X. | لا تظهر عليها علامات البلوغ مثل الدورة الشهرية وكبر حجم الثدي بسبب وجود نسخة واحدة فقط من الكروموسوم X. |
| شكل توضيحي | نقص شعر الوجه<br>نقص شعر الجسم<br>زيادة حجم الثدى | ضعف نمو الثدى<br>قصور نمو المبيضين |

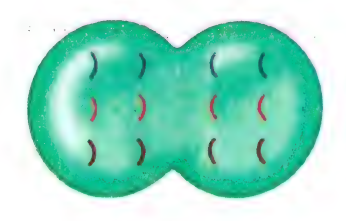
## التضاعف الصبغي Polyploidy

**أسبابه:**

١ عدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير.

٢ عدم تكون الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين.



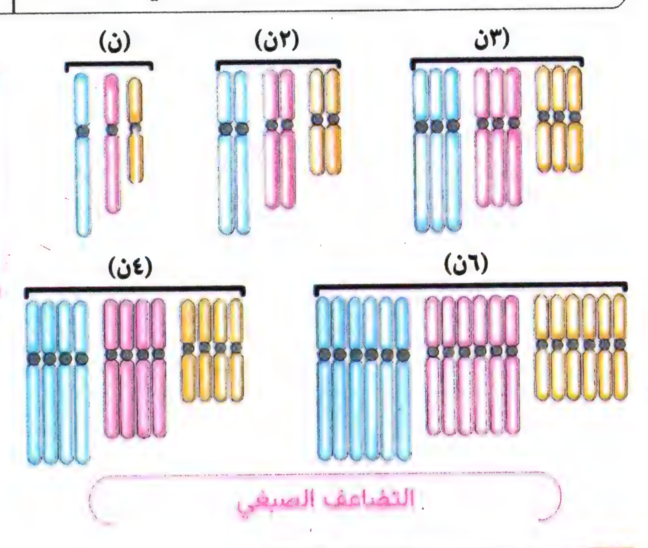




| التضاعف الصبغي في عالم الحيوان | | التضاعف الصبغي في عالم النبات |
|---|---|---|
| أقل شيوعًا؛ لأن تحديد الجنس في الحيوان يتطلب توازنًا دقيقًا بين عدد كل من الصبغيات الجسدية والجنسية. | الشيوع | أكثر شيوعًا فنسبة كبيرة من النباتات المعروفة تكون (٣ن - ٤ن - ٦ن - ٨ن حتى ١٦ن) وذلك عندما تتضاعف الصبغيات في الأمشاج. |
| في الإنسان يكون التضاعف الثلاثي مميتًا ويسبب إجهاضًا للأجنة ومع ذلك يوجد تضاعف صبغي في بعض خلايا الكبد والبنكرياس. | النتائج المترتبة | ينتج عنه أفراد ذات صفات جديدة، ويرجع ذلك إلى أن كل جين يكون ممثل بعدد أكبر فيكون تأثيره أكثر وضوحًا فيكون النبات أكثر طولًا وتكون أعضاؤه أكبر حجمًا وبخاصةً الأزهار والثمار. |
| يقتصر وجوده على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان التي لا يوجد لديها مشكلة في تحديد الجنس. | الأمثلة | يوجد حاليًا في الكثير من المحاصيل والفواكه مثل (القطن، القمح، العنب، الفراولة، الكمثري، التفاح) ذات التعدد الرباعي (٤ن). |

**للاطلاع فقط**

- التضاعف الصبغي في بعض خلايا الكبد والبنكرياس يتلاءم مع معدل النشاط العالي في كل منهما حيث تضمن وجود كمية أكبر من الجينات النشطة تمكنها من إنتاج كميات كبيرة من الإنزيمات والعصارات الهاضمة والهرمونات التي تتحكم في مختلف وظائف الجسم.



التضاعف الصبغي

## ٢ التغير في تركيب الصبغيات

تغير ترتيب الجينات على نفس الصبغي.

**أسبابه:**

١ انفصال قطعة من الصبغي أثناء الانقسام والتفافها حول نفسها بمقدار ١٨٠ والتحامها في الوضع المقلوب على نفس الصبغي.

٢ تبادل أجزاء من صبغيات غير متماثلة.

٣ زيادة أو نقص جزء صغير من الصبغي.

## رابعًا تبعًا لمكان حدوث الطفرة

| | طفرات مشيجية | طفرات جسمية |
|---|---|---|
| مكان الحدوث | تحدث غالبًا في الخلايا التناسلية. | تحدث في الخلايا الجسدية (الجسمية). |
| التأثير | تظهر كصفات جديدة على الجنين الناتج. | تظهر كأعراض مفاجئة بالعضو الذي تحدث بخلاياه. |
| الانتشار | تتم في الكائنات الحية التي تتكاثر تزاوجيًا. | أكثر شيوعًا في النباتات التي تتكاثر خضريًا حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادي يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوبًا فيها. |
| التوارث | معظمها طفرات حقيقية تورث ماعدا ذكر كلاينفلتر وأنثى تيرنر. | معظمها طفرات غير حقيقية لا تورث إلا فقط في النباتات التي لها القدرة على التكاثر الخضري. |

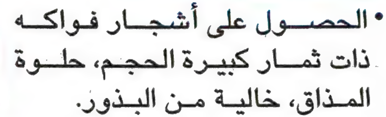
### ملحوظات

- انفصال قطعة من الصبغي أثناء انقسام الخلية والتفافها حول نفسها بمقدار ١٨٠ درجة وإعادة التحامها مع الصبغي مرة أخرى ينتج عنه طفرة صبغية نتيجة حدوث تغير في التركيب الصبغي.
- انفصال قطعة من الصبغي أثناء انقسام الخلية والتفافها حول نفسها بمقدار ٣٦٠ درجة وإعادة التحامها مع الصبغي مرة أخرى لا ينتج عنه طفرة بسبب عدم حدوث تغير في تركيب الصبغي.
- حدوث تغير في ترتيب القواعد النيتروجينية ينشأ عنه طفرة جينية، بينما حدوث تغير في ترتيب الجينات على نفس الصبغي ينشأ عنها طفرة صبغية.

## خامسًا تبعًا لمنشأ الطفرة

| | الطفرة التلقائية | الطفرة المستحدثة |
|---|---|---|
| التحكم في الحدوث | طفرة تحدث دون تدخل الإنسان وهي نادرة الحدوث في جميع الكائنات الحية. | طفرة تحدث بتدخل الإنسان للحصول على طفرات مرغوبة في كائنات معينة وهي أكثر شيوعًا من التلقائية. |
| سبب الحدوث | تحدث بسبب تأثيرات البيئة المحيطة بالكائن الحي مثل:<br>– الأشعة فوق البنفسجية.<br>– الأشعة الكونية.<br>– المركبات الكيميائية. | يستحدثها الإنسان عن طريق:<br>• عوامل طبيعية مثل: أشعة إكس، أشعة جاما، الأشعة فوق البنفسجية.<br>• مواد كيميائية مثل: غاز الخردل، مادة الكولشيسين، حامض النيتروز.<br>فعند معالجة النبات بهذه المواد تضمر خلايا القمة النامية للنبات وتموت ليتجدد تحتها أنسجة جديدة تحتوي خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات. |





**الأهمية**

تلعب دورًا هامًا في عملية تطور الأحياء (الكائنات الحية).

أغلبها يحمل صفات غير مرغوب فيها غير أن الإنسان ينتقي منها ما هو نافع.

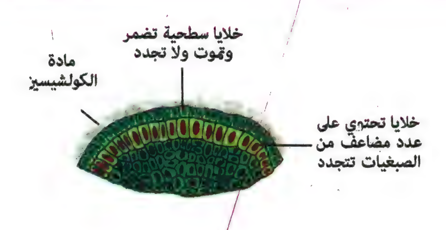
من أمثلة الطفرات النافعة:



- الحصول على أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة الحجم، حلوة المذاق، خالية من البذور.
- إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية من كائنات دقيقة، مثل: (البنسلين من فطر البنسليوم).

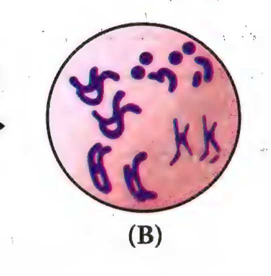
**للاطلاع فقط**

- مادة الكولشيسين تؤدي إلى موت الخلايا السطحية في القمة النامية للنبات بينما تمنع تكوين خيوط المغزل التي تفصل الكروموسومات عن بعضها أثناء الطور الانفصالي لانقسام الخلايا السفلية وبالتالي لا تنفصل الكروموسومات عن بعضها وتنشأ خلايا بها عدد مضاعف من الصبغيات.

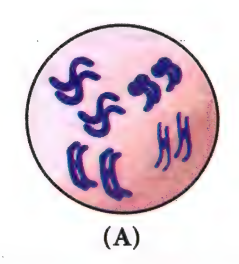



**الأداء الذاتي**

٥ **الشكل المقابل** يوضح نتيجة تعرض نواة خلية مبيض ذبابة الفاكهة للإشعاع خلال إحدى التجارب، **ادرسه جيدًا ثم أجب:**



(A)


(B)

**ما نوع الطفرة المصاحبة لهذه التجربة ؟**

(أ) طفرة صبغية عددية حقيقية
(ب) طفرة جينية حقيقية
(ج) طفرة مشيجية غير حقيقية
(د) طفرة صبغية تركيبية حقيقية

٦ يؤدي ظهور طفرة جينية في المحتوى الجيني للميتوكوندريا إلى اضطراب في عمليات التنفس الخلوي ينتج عنه أمراض عديدة منها وهن العضلات.

أي البدائل التالية تعبر عن توارث هذه الطفرة بين الأبناء الناتجين من التزاوج الموضح بالشكل المقابل ؟




(أ) أ
(ب) ب
(ج) ج
(د) د

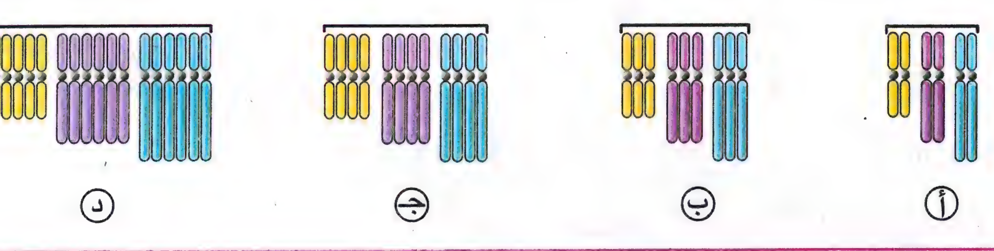
٧ أدى عدم انفصال زوج الكروموسومات الثالث والعشرين أثناء الانقسام الميوزي الأول للخلايا البيضية الأولية إلى النتائج الموضحة بالجدول التالي، ادرس الجدول ثم أجب :

| الخلايا | الخلية البيضية الثانوية | الجسم القطبي الأول | الجسم القطبي الثاني |
|---|---|---|---|
| عدد جزيئات الـDNA | ٤٨ | ٤٤ | ٢٤ |

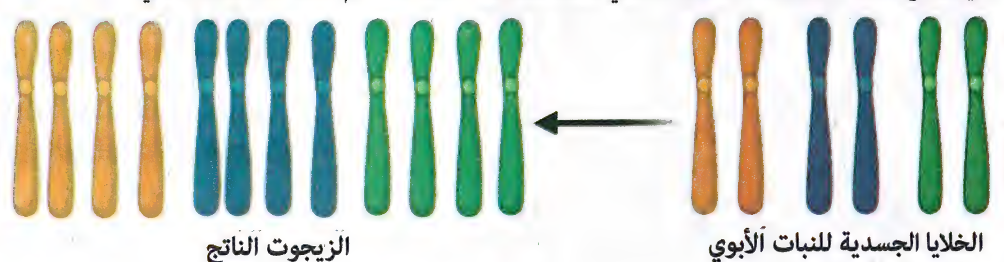
إذا خصبت البويضة الناتجة بحيوان منوي طبيعي؛ فإن الفرد الناتج يكون .........

Ⓐ ذكر عادي
Ⓑ أنثى عادية
Ⓒ أنثى تيرنر
Ⓓ ذكر كلاينفلتر

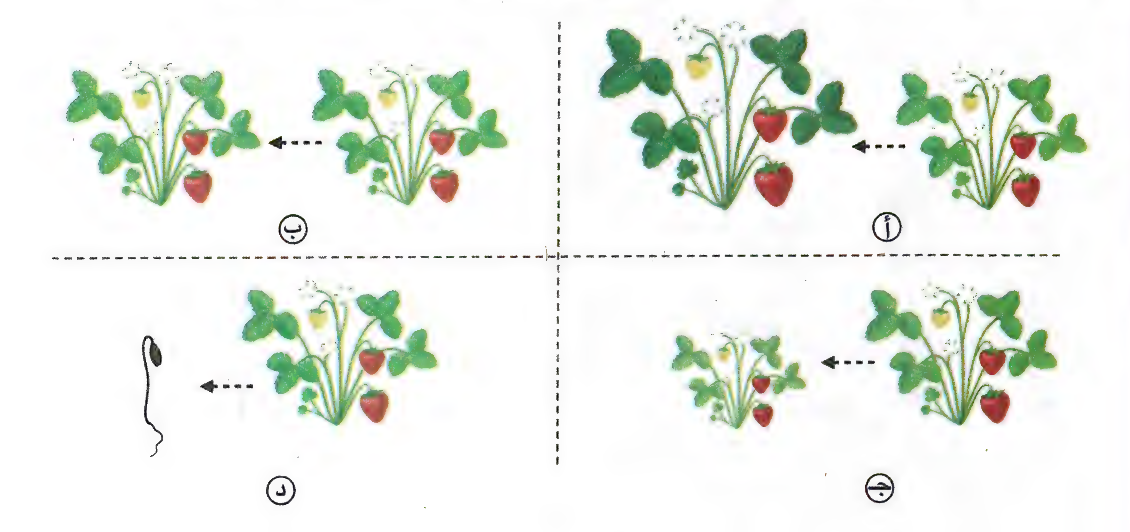
٨ أي الأشكال التالية تعبر عن الطرز الكروموسومي السائد في ثمار العنب كبيرة الحجم ؟




٩ الشكل التالي يوضح طفرة حدثت أثناء التكاثر الجنسي لأحد النباتات، ادرسه جيدًا ثم أجب عن السؤال التالي :




أي الأشكال التالية تعبر عن النبات الناتج من زراعة البذرة المحتوية على الزيجوت الموضح بالشكل السابق ؟



# الفصل الثاني 2

# الأحماض النووية وتخليق البروتين

## أهداف الفصل

**في نهاية هذا الفصل ينبغي أن يكون الطالب قادرًا على أن**

- يتعرف أنواع البروتينات.
- يتعرف تركيب الحمض النووي RNA.
- يقارن بين أنواع الحمض النووي RNA الثلاثة (الريبوسومي – الناقل الرسول).
- يتعرف الشفرة الوراثية.
- يتعرف خطوات تخليق البروتين .
- يتعرف تقنيات التكنولوجيا الجزيئية الحديثة.
- يتعرف مفهوم الجينوم البشري وأهمية ذلك في
- مجال صناعة العقاقير.
- يقدر عظمة الخالق فيما يتعلق بالمعلومات الوراثية
- ودورها في تمييز البشر بصفات تختلف من فرد لآخر.

الدرس 1

## RNA وتخليق البروتين

الدرس 2

## التكنولوجيا الجزيئية «الهندسة الوراثية»

### أهم المفاهيم

- المحفز.
- الشفرة الوراثية.
- الكودون.
- تفاعل نقل الببتيديل.
- عامل الإطلاق.
- عديد الريبوسوم.
- DNA المهجن.
- إنزيمات القصر أو القطع
- البكتيرية.
- استنساخ تتابعات DNA
- DNA معاد الاتحاد.
- الجينوم البشري.

## التمهيد

يدخل في تركيب أجسام الكائنات الحية آلاف الأنواع من البروتينات التي يمكن تقسيمها تبعًا لأهميتها البيولوجية بالنسبة للكائن الحي إلى نوعين أساسيين هما:

| | البروتينات التركيبية | البروتينات التنظيمية (الوظيفية) |
|---|---|---|
| المفهوم | تدخل في تراكيب محددة في خلايا الكائن الحي. | تنظم العمليات الحيوية التي تتعلق بالنشاط البيولوجي لخلايا الكائن الحي. |
| الأمثلة | • الكولاجين: يدخل في تركيب الأنسجة الضامة التي تربط مكونات الجسم ببعضها، مثل: (العظام ، الأربطة ، الأوتار ، الغضاريف والأغشية المحيطة بالعقد الليمفاوية والغدة الدرقية والخصيتين).<br>• الكيراتين: يدخل في تكوين الأغطية الواقية كالجلد والشعر والريش والحوافر والقرون.<br>• الأكتين والميوسين: يدخل في تركيب العضلات الهيكلية والقلبية وبعض أعضاء الحركة في الكائنات البدائية كالأميبا.<br>• البروتينات الهستونية وغير الهستونية التركيبية التي تشارك في تكثيف DNA. | • الإنزيمات: تعمل كعوامل حفز بيولوجية تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية التي تتم في خلايا الكائنات الحية .<br>• الهرمونات: تمكن الجسم من الاستجابة للتغيرات المستمرة التي تطرأ في بيئته الداخلية والخارجية مثل هرموني الكالسيتونين والباراثورمون اللذين يضبطان مستوى الكالسيوم في الدم.<br>• الأجسام المضادة: تكسب الجسم المناعة ضد الأجسام الغريبة كالبكتيريا.<br>• البروتينات غير الهستونية التنظيمية التي تحدد ما إذا كانت شفرة DNA ستستخدم في بناء RNA وبروتينات أم لا. |

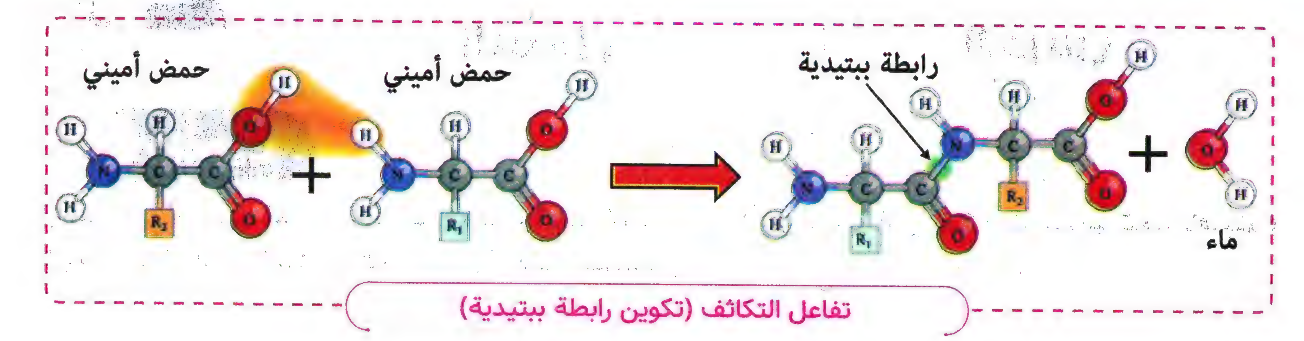
### للاطلاع فقط

- ليست كل الإنزيمات بروتينية التركيب فبعض الإنزيمات الموجودة في الريبوسوم تتكون من RNA وتساعد هذه الإنزيمات في عملية تصنيع البروتينات في مختلف خلايا الجسم.
- ليست كل الهرمونات بروتينية التركيب فبعض الهرمونات تتكون من مواد دهنية (إستيرويدات) مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية والهرمونات الجنسية وبعضها الآخر يتكون من مشتقات بعض الأحماض الأمينية مثل الثيروكسين والأدرينالين.

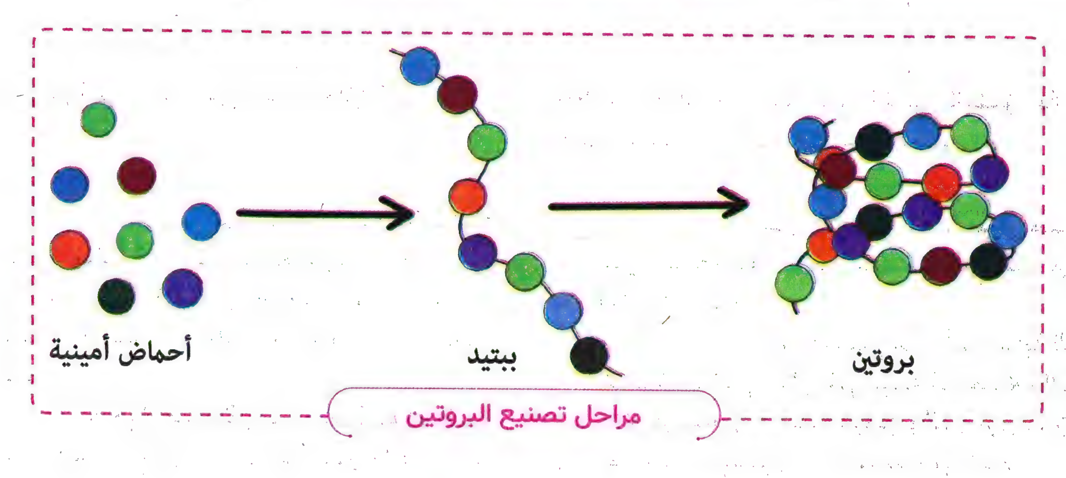
## الشرح

### البروتينات

- **الوحدة البنائية:** يدخل في تركيب البروتينات ٢٠ نوعًا من الأحماض الأمينية المختلفة.
- **التركيب الكيميائي:** يتكون البروتين من ارتباط عدة سلاسل من عديدات الببتيد ببعضها (الأكثر شيوعا) أو من سلسلة واحدة (الأقل شيوعا) بحيث تتكون كل سلسلة من ارتباط الأحماض الأمينية ببعضها البعض بروابط ببتيدية في تفاعل نازع للماء في وجود إنزيمات خاصة.



تفاعل التكاثف (تكوين رابطة ببتيدية)



مراحل تصنيع البروتين

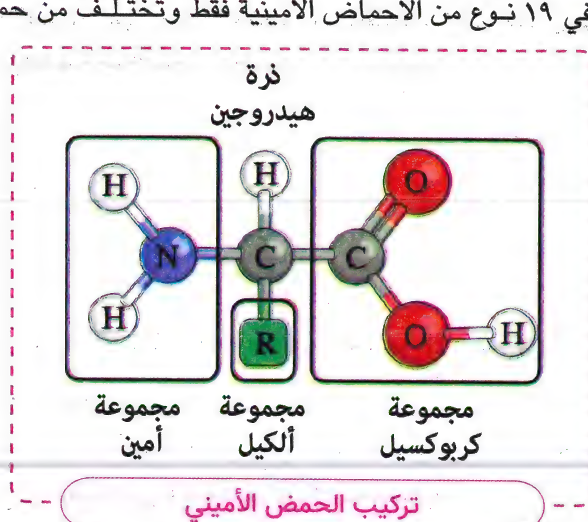
## التركيب الكيميائي الحمض الأميني

يتكون كل حمض أميني من ذرة كربون ترتبط بأربع مجموعات طرفية لتحقق التكافؤ الرباعي الملائم لاستقرارها على النحو التالي:

- **ذرة هيدروجين.**
- **مجموعتان وظيفيتان** هما :
  - مجموعة كربوكسيل (COOH): حامضية سالبة الشحنة.
  - مجموعة أمين ($NH_2$): قاعدية موجبة الشحنة.
- **مجموعة ألكيل:** توجد في ١٩ نوع من الأحماض الأمينية فقط وتختلف من حمض أميني لآخر.

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ R-C-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

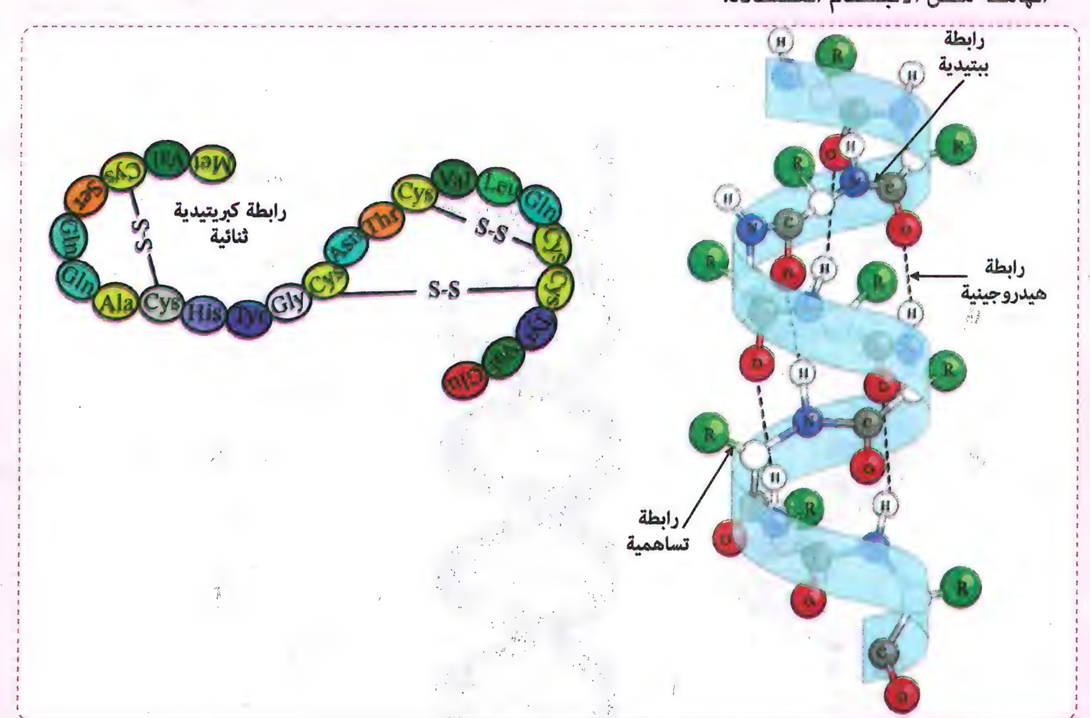
تركيب الحمض الأميني



تركيب الحمض الأميني

## للاطلاع فقط

- **أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في تركيب البروتينات:**
  - روابط تساهمية بين الذرات وبعضها.
  - روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها.
  - روابط هيدروجينية تتكون عندما تقع ذرة الهيدروجين بين ذرتين أعلى منها في السالبية الكهربية (مثل: F,O,N) ويعزي إليها اختلاف الشكل الفراغي للبروتينات عن بعضها .
  - روابط كبريتيدية ثنائية بين أحماض أمينية معينة وتوجد هذه الروابط في العديد من البروتينات الهامة مثل الأجسام المضادة.




**والسؤال الآن :** لماذا يوجد عدد لا حصر له من البروتينات التركيبية والتنظيمية بالرغم من وجود ٢٠ نوع فقط من الأحماض الأمينية ؟

- قد أرجع العلماء ذلك لعدة أسباب منها:

١ اختلاف أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية في البوليمرات (عديدات الببتيد).

٢ عدد البوليمرات التي تدخل في بناء البروتين.

٣ الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي تعطي الجزيء شكله المميز ثلاثي الأبعاد.

### ملحوظات

- الحمض الأميني (الجلايسين) هو أبسط الأحماض الأمينية؛ لأنه لا يحتوي على مجموعة ألكيل جانبية وإنما يحتوي على ذرة هيدروجين بديلا عنها .
- يرجع اختلاف البروتينات عن بعضها إلى اختلاف الأحماض الأمينية، بينما يرجع اختلاف الأحماض الأمينية عن بعضها إلى اختلاف مجموعة الألكيل.
- عدد الأحماض الأمينية الموجودة في الطبيعة أكثر من ٢٠ حمضًا بينما الأحماض الأمينية التي تدخل في تركيب البروتينات ٢٠ حمضًا أمينيًا فقط، حيث توجد أحماض أمينية غير بروتينية مثل الكانافنين التي تعمل كمواد واقية للنبات.

$$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle NH_2}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-COOH$$

الجلايسين




## الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

والآن بعد أن تعرفنا معا على التركيب الكيميائي للبروتينات وخصائصها.. هل خطر ببالك يوما كيف تستطيع الخلية تصنيع هذا الكم الهائل من البروتينات دون تداخل بينها وكيف يؤثر الحمض النووي DNA في بروتينات الخلية وكيف يترجم كل جين إلى صفة محددة مثل صفة لون العيون ؟

يعتبر الحمض النووي الريبوزي RNA حلقة الوصل بين الحمض النووي DNA وعملية تخليق البروتينات.

<table>
<tr><th></th><th>DNA</th><th>RNA</th></tr>
<tr><td>الشكل التوضيحي</td><td>C سيتوازين<br>G جوانين<br>A أدينين<br>T ثايمين</td><td>C سيتوازين<br>G جوانين<br>A أدينين<br>U يوراسيل</td></tr>
<tr><td>وجه الشبه</td><td colspan="2">• يتكون كل منهما من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات.<br>• تتكون كل نيوكليوتيدة من (سكر خماسي - قاعدة نيتروجينية - مجموعة فوسفات).<br>• ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون رقم (٥) في جزيء سكر إحدى النيوكليوتيدات وبذرة الكربون رقم (٣) في جزيء سكر النيوكليوتيدة السابقة ليتكون هيكل سكر فوسفات.</td></tr>
<tr><td>عدد الأشرطة</td><td>يوجد غالبا في صورة لولب مزدوج (شريطين متكاملين) من النيوكليوتيدات.</td><td>يوجد غالبا في صورة شريط مفرد من الريبونيوكليوتيدات، ولكنه قد يكون مزدوجًا في بعض أجزائه كما في tRNA.</td></tr>
<tr><td>الكمية</td><td>ثابتة لا تتغير داخل الخلية.</td><td>متغيرة حسب نشاط الخلية.</td></tr>
<tr><td>مكان الوجود</td><td>① النواة.<br>② بعض العضيات، مثل: الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء.</td><td>يتكون بالنسخ من DNA داخل النواة ثم ينتقل إلى السيتوبلازم عبر ثقوب الغشاء النووي.</td></tr>
</table>

| | | |
|---|---|---|
| **نوع السكر الخماسي** | سكر الديوكسي ريبوز (ينقصه ذرة أكسجين عن سكر الريبوز عند ذرة الكربون رقم ٢). | سكر الريبوز. |
| **القواعد النيتروجينية** | • البيورينات: (أدينين A – جوانين G ).<br>• البيريميدينات: (ثايمين T – سيتوزين C). | • البيورينات: (أدينين A – جوانين G ).<br>• البيريميدينات: (يوراسيل U – سيتوزين C). |
| **عدد قواعد البيورينات والبيريميدينات** | متساوٍ. | غير متساوٍ بالضرورة. |
| **الثبات الوراثي** | ثابت لا يتحلل داخل الخلية. | يتم هدمه وإعادة بنائه باستمرار. |
| **الوظيفة البيولوجية** | ١ يمثل المادة الوراثية لمعظم الكائنات الحية.<br>٢ يحمل الجينات المسئولة عن إظهار الصفات الوراثية. | ١ يمثل المادة الوراثية لبعض الفيروسات، مثل: فيروس الإيدز وشلل الأطفال.<br>٢ يشارك في عملية تخليق البروتين. |
| **الأنواع من الناحية التركيبية** | نوع واحد فقط. | يوجد ٣ أنواع:<br>– الحمض النووي الرسول mRNA.<br>– الحمض النووي الناقل tRNA.<br>– الحمض النووي الريبوزي rRNA. |

**ملحوظات**

- عدد أنواع النيوكليوتيدات التي تدخل في تركيب الأحماض النووية يساوي ٨ ؛ لاختلاف السكر الخماسي.
- عدد أنواع القواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية يساوي ٥.

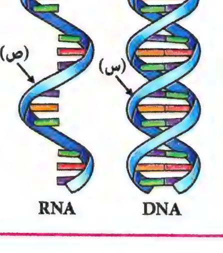
**الأداء الذاتي**

١ افحص الشكل المقابل جيداً ثم استنتج :

أي الأحرف على الشكل يشير إلى الرابطة الببتيدية ؟

ⓐ (س)
ⓑ (ص)
ⓒ (ع)
ⓓ (ل)

٢ **افحص الشكل المقابل جيداً ثم استنتج:**



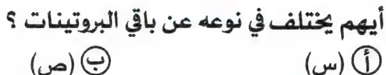

**ما الاختلاف الذي قد يتواجد بين الشريط (س) و الشريط (ص) ؟**

Ⓐ نوع جميع القواعد النيتروجينية
Ⓑ نوع جميع جزيئات السكر
Ⓒ عدد مجموعات الفوسفات
Ⓓ نوع الروابط بين النيوكليوتيدات

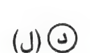
٣ **الشكل المقابل** يعبر عن بعض البروتينات الخاصة ببعض الأعضاء و الخلايا في جسم الإنسان .

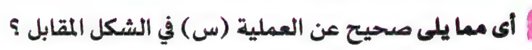
**افحص الشكل جيداً ثم استنتج:**

(س) (ص) (ع)

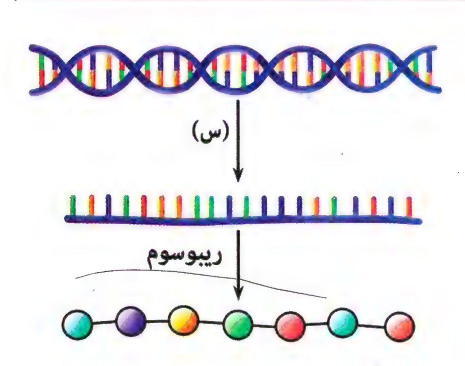


**أيهم يختلف في نوعه عن باقي البروتينات ؟**

Ⓐ (س) Ⓑ (ص) Ⓒ (ع)  Ⓓ (ل)

٤  **أى مما يلى صحيح عن العملية (س) في الشكل المقابل ؟**

Ⓐ تتم لكل الجينات فى DNA الخلية الحية في أوليات النواة
Ⓑ تتحكم فيها البروتينات غير الهستونية التنظيمية .
Ⓒ لا يتم النسخ للتتابعات المكررة لجزيء DNA في حقيقيات النواة
Ⓓ يحفز نشاطها ٣ أنواع مختلفة من إنزيمات البلمرة في حقيقيات النواة




## أنواع الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

– يوجد ثلاثة أنواع من الحمض النووي RNA تسهم في بناء البروتين، وهم:
١– حمض RNA الرسول mRNA.        ٢– حمض RNA الريبوسومي r-RNA
٣– حمض RNA الناقل t-RNA .

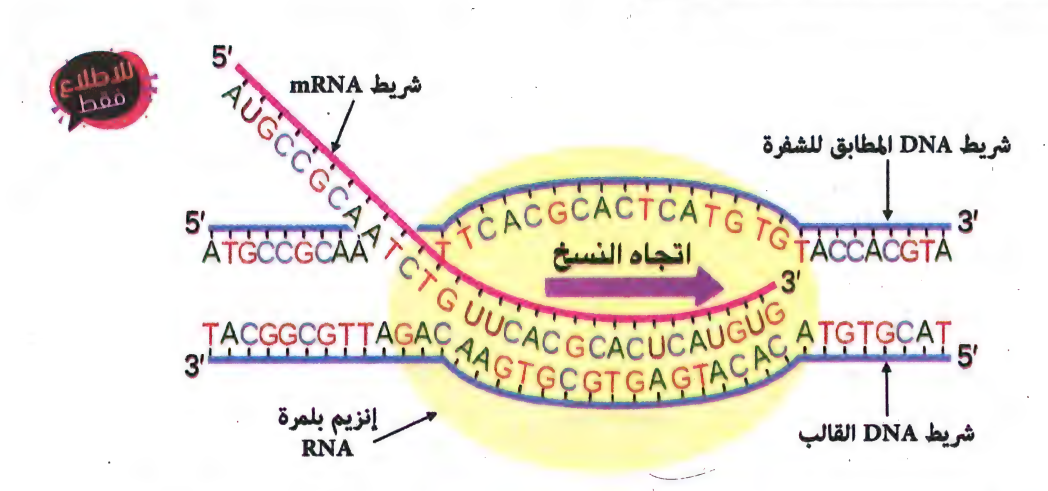
فيما يلي تفصيل ذلك:

### ١ حمض RNA الرسول mRNA.

✪ **مكان الوجود :** يتم نسخ mRNA من الـDNA في النواة ثم ينتقل إلى السيتوبلازم عند حاجة الخلية لتصنيع البروتين.

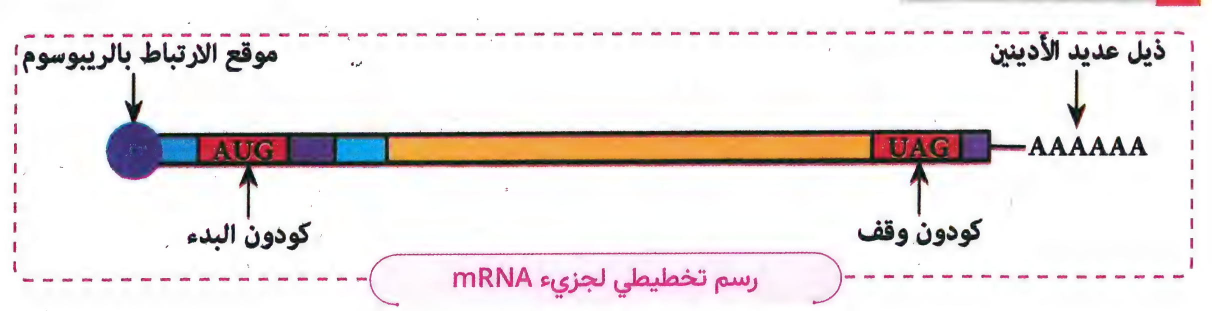
✪ **الوظيفة البيولوجية :** نقل الشفرة الوراثية من DNA في النواة إلى الريبوسومات في السيتوبلازم حيث تتم ترجمته إلى أحماض أمينية تدخل في تكوين البروتين.

## خطوات عملية نسخ حمض RNA الرسول




| الخطوات | الأحداث البيولوجية |
|---|---|
| البدء | ١ ينفـك التفـاف اللولـب المـزدوج عند موضـع الجيـن المـراد نسخـه.<br>٢ يتعرف إنزيم بلمرة RNA على تتابع معين من النيوكليوتيدات يوجد على أحد شريطي DNA يعرف بـ«المحفز»، والذي يوجه إنزيم بلمرة RNA إلى الشريط الذي سينسخ منه mRNA.<br>٣ ينفصل شريطا DNA عن بعضهما البعض حيث يعمل أحدهما كقالب لبناء mRNA ويكون القالب في اتجاه ($3' \leftarrow 5'$) فيقوم الإنزيم ببناء mRNA في اتجاه ($5' \leftarrow 3'$). |
| الاستطالة | • يتحـرك الإنزيـم علـى امتـداد جـزيء DNA حيـث يتـم ربـط الريبونيوكليوتيـدات المتكاملـة إلـى شـريط mRNA النامـي واحـدةً بعـد الأخـرى حتـى تنتهـي القطعـة الجينيـة المـراد نسـخها. |
| الإنهاء | • تنتهي عملية النسخ بوصول إنزيم بلمرة RNA لأحد التتابعات التالية على DNA (ACT – ATC – ATT)، حيث ينفصل عن شريط DNA ويعاد التفاف DNA مرة أخرى ويتحرر mRNA الناتج لينتقل إلى السيتوبلازم. |

## تركيب جزيء mRNA



رسم تخطيطي لجزيء mRNA



- يتضح من الرسم أن جزيء mRNA الناضج يتكون من ٤ وحدات أساسية كالتالي:

| الوحدة البنائية | مكان الوجود | الشفرة والترجمة | الأهمية البيولوجية |
|---|---|---|---|
| موقع الارتباط بالريبوسوم | بداية جزيء mRNA عند الطرف ٥َ. | لا يمثل شفرة وبالتالي لا يترجم إلى أحماض أمينية. | تتابع من النيوكليوتيدات يرتبط بتحت الوحدة الصغرى من الريبوسوم حيث يصبح أول كودون (كودون البدء) AUG متجهًا لأعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة. |
| كودون البدء AUG | بداية جزيء mRNA بعد موقع الارتباط. | يمثل شفرة حمض الميثيونين. | يعطي إشارة لبداية تكوين عديد الببتيد. |
| كودون الوقف ويكون واحدا من ثلاثة (UGA، UAG، UAA) | نهاية جزيء mRNA. | يمثل شفرة ولكنه لا يترجم إلى حمض أميني محدد حيث تنتهي عنده عملية الترجمة. | تعطي إشارة عند النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين حيث يرتبط بأي منهم بروتين عامل الإطلاق لينتهي بناء سلسلة عديد الببتيد. |
| ذيل عديد الأدينين (يتكون من حوالي 200 أدينوزين) | نهاية جزيء mRNA بعد الطرف ٣ حيث يلي كودون الوقف. | لا يمثل شفرة وبالتالي لا يترجم إلى أحماض أمينية كما أنه يلي كودون الوقف الذي تنتهي عنده عملية الترجمة. | حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة في السيتوبلازم. |

## للاطلاع فقط

- **الشريط القالب:** شريط DNA الذي تستخدمه إنزيمات البلمرة لتكوين نيوكليوتيدات متكاملة ويكون في الاتجاه 3َ ← 5َ ويمثل الشريط المكمل للشفرة على mRNA.
- **الشريط المطابق للشفرة:** شريط DNA الذي يكون له نفس تتابع النيوكليوتيدات على mRNA ماعدا اليوراسيل تكون ثايمين ويكون في الاتجاه 5 َ3 ←

## ملحوظات

- التتابع المكون لذيل عديد الأدينين لا يتم نسخه من DNA؛ لأن عملية النسخ تنتهي بوصول إنزيم البلمرة لكودون الوقف وإنما يتم إضافته لـmRNA في النواة قبل خروجه للسيتوبلازم.
- تتم عملية النسخ لجزء فقط من DNA الذي يمثل الجين ولا تتم لشريط DNA كله.
- تتابع النيوكليوتيدات المكونة للمحفز لا تنسخ ولا تترجم، بينما تتابع النيوكليوتيدات التي تمثل كودونات الوقف تنسخ ولا تترجم.
- عدد أنواع إنزيمات البلمرة (DNA، RNA) في حقيقيات النواة يساوي أربعة، بينما عدد أنواع إنزيمات البلمرة في أوليات النواة يساوي نوعين فقط.
- أول شفرة توجد على شريط DNA بعد المحفز هي " TAC " والتي تنسخ إلى كودون البدء " AUG ".
- كل جين على DNA يسبقه محفز خاص به وبالتالي يكون عدد الجينات مساويًا لعدد المحفزات.



- مما سبق يمكن استنتاج أوجه الشبه والاختلاف بين عملية نسخ حمض mRNA وعملية تضاعف DNA كالتالي :

| عملية التضاعف | | عملية النسخ |
|---|---|---|
| وجه الشبه | | |
| • تبدأ كل منهما بانفصال شريطي اللولب المزدوج عن بعضهما.<br>• كلاهما تتم بمساعدة إنزيمات البلمرة التي تعمل في اتجاه واحد فقط (٣َ ← ٥َ).<br>• يتم فيهما إضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة تلو الأخرى على الشريط النامي. | | |
| • لا تقف عملية تضاعف DNA إلا بعد نسخ كل DNA الموجود في الخلية. | كمية DNA | • نسخ RNA الرسول يتم من خلال نسخ جزء فقط من DNA الذي يحمل الجين. |
| • يستخدم في هذه العملية إنزيم بلمرة DNA وإنزيم اللولب وإنزيمات الربط. | الإنزيمات المستخدمة | • يستخدم في هذه العملية إنزيم بلمرة RNA ولا تحتاج إنزيمات الربط. |
| • يعمل كل من شريطي DNA كقالب لبناء شريط آخر يتكامل معه. | الشريط المستخدم | أحد أشرطة DNA فقط والذي يكون في الاتجاه (٣َ ← ٥َ) يعمل كقالب لبناء mRNA. |
| • نيوكليوتيدة DNA تحتوي على سكر الدي أوكسي ريبوز(خماسي الكربون منزوع الأوكسجين ) . | النيوكليوتيدة المستخدمة | ريبونيوكليوتيدة تحتوي على سكرالريبوز خماسي الكربون . |
| • تتم هذه العملية قبل أن تبدأ الخلية في الانقسام. | توقيت الحدوث | • تتم هذه العملية باستمرار ولا ترتبط بانقسام الخلية . |
| • المحصلة النهائية لهذه العملية تعطي جزيئين DNA كاملين. | الناتج النهائي | • المحصلة النهائية لهذه العملية شريط مفرد من mRNA يحمل شفرات الأحماض الأمينية. |

- تختلف عملية نسخ حمض RNA وترجمته إلى البروتين المقابل في أوليات النواة عنه في حقيقيات النواة كما يلي:

| أوليات النواة | | حقيقيات النواة |
|---|---|---|
| تتم في السيتوبلازم. | مكان الحدوث | تتم في النواة. |
| • يوجد نوع واحد فقط من إنزيمات بلمرة RNA ينسخ أنواع RNA الثلاثة. | الإنزيمات المستخدمة | • يوجد ٣ أنواع من إنزيمات بلمرة RNA يتخصص كل منها في نسخ أحد أنواع RNA. |
| • تحدث عملية الترجمة بشكل سريع نسبيا حيث يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل بمجرد بنائه من DNA حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ في ترجمته إلى بروتين، بينما يكون الطرف الآخر لجزيء mRNA ما زال في مرحلة البناء على DNA القالب. | توقيت حدوث الترجمة | تحدث عملية الترجمة بشكل بطئ نسبيا حيث لا يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل إلا بعد الانتهاء من بناء mRNA كاملا في النواة وانتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووي. |




الشكل التوضيحي

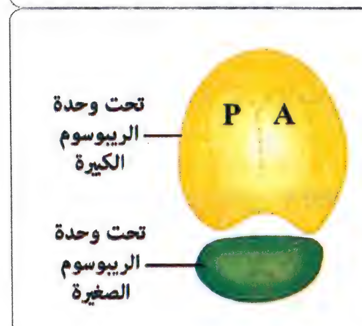



## ٢ حمض RNA الريبوسومي rRNA

**الوظيفة البيولوجية:** يدخل أربعة أنواع مختلفة من rRNA مع حوالي ٧٠ نوعًا من عديدات الببتيد في بناء الريبوسومات والتي تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية.

### الريبوسومات

| | |
|---|---|
| مكان التكوين | تتكون في النوية (منطقة داخل النواة) في خلايا حقيقيات النواة. |
| مكان العمل | تعمل في السيتوبلازم. |
| معدل التكوين | معدل سريع، حيث يتم بناء آلاف من الريبوسومات في الساعة في خلايا حقيقيات النواة وذلك لأن DNA في حقيقيات النواة يحتوي على أكثر من ٦٠٠ نسخة من جينات RNA الريبوسومي الذي يشترك في بناء الريبوسومات التي تحتاج إليها الخلايا بكثرة. |
| التركيب الكيميائي | • أربعة أنواع من rRNA.<br>• حوالي ٧٠ نوعًا من عديد الببتيد. |
| التركيب الوظيفي | يتركب الريبوسوم من تحت وحدتين Subunits:<br>١ تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة : تحتوى على موقعين:<br>• الأول: موقع الببتيديل (P).<br>• الثاني: موقع الأمينو أسيل (A).<br>٢ تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة : ترتبط بجزيء mRNA من جهة الطرف ٥َ في بداية تخليق البروتين. |




### ملحوظات

• يتم بناء البروتينات التي تدخل في تركيب الريبوسومات في السيتوبلازم ثم تنتقل عبر ثقوب الغشاء النووي إلى داخل النواة حيث يكون كل من rRNA وعديدات الببتيد تحت وحدتا الريبوسوم.



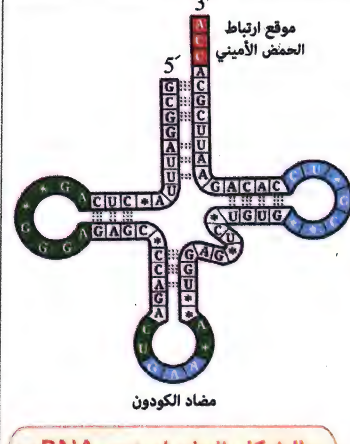

يشير السهم الأزرق إلى الانتقال من داخل النواة إلى السيتوبلازم

يشير السهم الأحمر إلى الانتقال من السيتوبلازم إلى داخل النواة

- أثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA الذي يوجد عليه الشفرة ، rRNA المكون للريبوسوم .
- عندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله في إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما البعض وتتحرك كل منهما بحرية، وقد ترتبط كل تحت وحدة منهما بتحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى.
- تحتوي وحدة الريبوسوم الكبيرة على إنزيمات خاصة تلعب دورًا في تفاعل نقل الببتيديل الذي ينشأ عنه تكوين روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها في سلسلة عديد الببتيد النامية.
- عدد الريبوسومات الموجودة في الخلية يعتبر مؤشرًا على نشاط الخلية فمثلا نشاط خلايا الغضاريف أقل من نشاط خلايا الأمعاء لأنها تحتوي على عدد أقل من الريبوسومات.
- لا تستطيع الريبوسومات وحدها أن تسد حاجة الجسم من الهرمونات؛ لأن الريبوسومات مسئولة عن تخليق الأنواع المختلفة من البروتينات داخل الخلايا وليست كل الهرمونات الموجودة في الجسم بروتينية حيث توجد بعض الهرمونات التي تتكون من مواد دهنية والمعروفة بالإستيرويدات مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية (السكرية - المعدنية - الجنسية) بالإضافة إلى هرمونات المناسل فلا تستطيع الريبوسومات تخليق مثل هذه الهرمونات.

## ٣ حمض RNA الناقل tRNA

| | |
|---|---|
| الحجم | أصغر الأحماض النووية الريبوزية حجمًا. |
| الأنواع | نظريا: يوجد أكثر من ٢٠ نوعًا من tRNA بحد أقصى ٦١ نوعًا . |
| عملية النسخ | ينسخ tRNA من جينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ - ٨) جينات على نفس الجزء من جزيء DNA بواسطة إنزيم بلمرة RNA. |
| الأهمية البيولوجية | نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات أثناء تكوين البروتين حيث يكون لكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يتعرف عليه ثم يقوم بنقله إلا أن الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من tRNA. |
| الشكل العام للجزيء | لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام حيث تلتف أجزاء من الجزيء لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدواج القواعد في مناطق مختلفة من الجزيء عن طريق تكوين روابط هيدروجينية وذلك لحمايته من التحلل بواسطة إنزيمات السيتوبلازم. |
| المواقع الفعالة على الجزيء | ① موقع الارتباط بالحمض الأميني: يوجد عند الطرف ٣ من الجزيء ويتكون من تتابع ثلاثي ثابت CCA يرتبط به الحمض الأميني الملائم أثناء نقله للريبوسوم. ② موقع مضاد الكودون: يمثل تتابع معين يختلف من نوع لآخر يحدد تخصص tRNA تجاه الأحماض الأمينية المختلفة حيث تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم فيحدث ارتباط مؤقت بين tRNA وmRNA مما يسمح للحمض الأميني المحمول على tRNA أن يدخل في المكان المحدد له في سلسلة عديد الببتيد النامية. |




الشكل العام لجزيء RNA الناقل



### ملحوظات

- يمكن نظريًا نقل tRNA من كائن حي لآخر دون حدوث خلل وظيفي وذلك لأن جميع جزيئات tRNA لها نفس الشكل العام كما أن كل نوع من tRNA يتخصص في نقل نفس الحمض الأميني في جميع الكائنات الحية.

### للاطلاع فقط

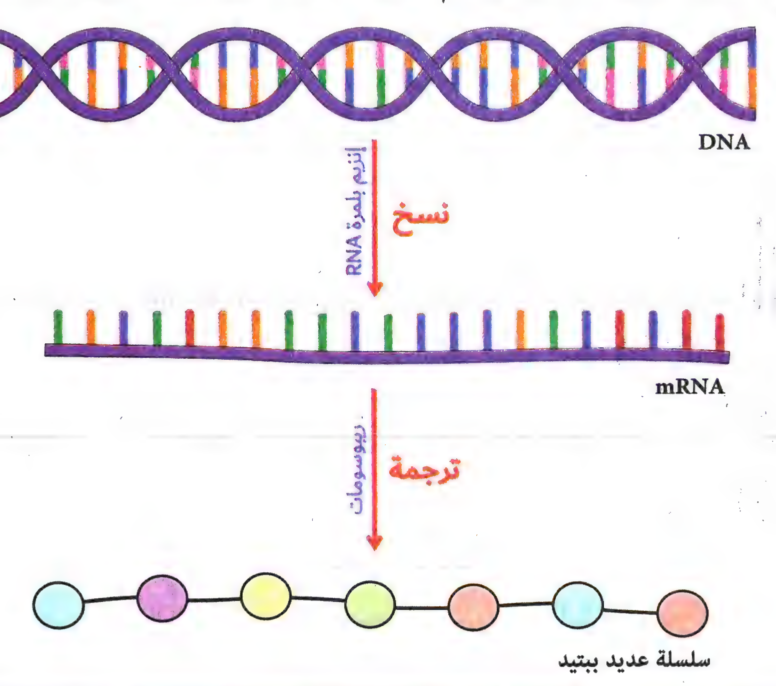
- تشير علامة النجمة الموجودة في القواعد النيتروجينية على رسمة tRNA السابقة إلى وجود قواعد جديدة مشتقة ثانوية تختلف في التركيب الكيميائي عن القواعد النيتروجينية المعروفة.
- شرائط RNA الناتجة من عملية النسخ مباشرة تكون غير ناضجة ويجري عليها بعض التعديلات في النواة قبل خروجها للسيتوبلازم في صورة وظيفية ناضجة مثل إضافة ذيل عديد الأدينين إلى mRNA لحمايته من التحلل بواسطة إنزيمات السيتوبلازم.
- القواعد النيتروجينية التي تدخل في بناء الأحماض النووية سواء أثناء التضاعف أو النسخ يتم تكوينها داخل الجسم من مصادر أولية أو ناتج إعادة تدوير القواعد النيتروجينية القديمة المهضومة.

## الشفرة الوراثية The Genetic Code

يحمل DNA مليارات النيوكليوتيدات التي تترتب في تتابع معين يسمى «جين» يتحكم في إظهار صفة وراثية معينة من خلال تكوين بروتين مخصص لكل جين.

هل تساءلت يوما ما الذي يجعل لون عينيك بنيا بينما يمتلك أخوك لونا أخضر للعيون مثلا ؟ لماذا تكره السمك دون باقي المأكولات ؟ قد يرجع ذلك إلى حدوث تغير في الجين المسئول عن تكوين مستقبلات الشم أو التذوق لديك يجعلك أكثر حساسية لمذاق السمك.

والسؤال الآن: كيف يتم فك شفرة هذه التتابعات على DNA ليتم ترجمتها إلى بروتينات ؟
تنسخ تتابعات DNA على شريط mRNA الذي يحمل كودونات تمثل شفرات للأحماض الأمينية التي ستضاف في سلسلة عديد الببتيد النامية وتتم عملية الترجمة بواسطة الريبوسومات في السيتوبلازم.




عمليتا النسخ والترجمة

## الشفرة الوراثية

تتابع النيوكليوتيدات في ثلاثيات على mRNA والتي تم نسخها من أحد شريطي DNA.

## خصائص الشفرة الوراثية

١. توجد على mRNA في صورة تتابعات ثلاثية من النيوكليوتيدات تسمى «كودونات» تتكامل مع تتابعات الجين على DNA مع استبدال قاعدة الثايمين بقاعدة اليوراسيل.

٢. كل كودون مخصص لحمض أميني واحد فقط بينما قد يكون للحمض الأميني الواحد أكثر من كودون ماعدا الميثيونين والتريبتوفان (أحماض أمينية لها كودون واحد فقط).

٣. أقصى عدد ممكن لأنواع الكودونات على mRNA يساوي ٦٤ كودون منها ٦١ كودون يمثل شفرة لحمض أميني معين و٣ كودونات لا تمثل شفرة لحمض أميني معين (كودونات الوقف)

٤. الشفرة الوراثية عالمية أو عامة وذلك لأن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية في جميع أنواع الكائنات الحية (فيروسات - فطريات - بكتيريا - نباتات - حيوانات) وهذا دليل قوي على أن جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة وبالتالي يمكن اعتبار ذلك دليلا يؤيد نظرية التطور في بعض فروضها حيث إن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين.

٥. الشفرة الوراثية لا تتداخل مع بعضها أثناء عملية الترجمة حيث تتواجد في صورة ثلاثيات متتابعة يتم ترجمة كل منها على حدة ولا تستخدم نفس القاعدة مرتين أثناء ترجمة الكودون.

## الأدلة على أن الشفرة الوراثية ثلاثية

| | عدد الأحماض الأمينية | نتيجة الفرضية | الشكل التوضيحي |
|---|---|---|---|
| أحادية | كل نيوكليوتيدة تمثل شفرة حمض أميني واحد وبالتالي فإن عدد الأحماض الأمينية يساوي ٤. | احتمال مرفوض لأنه لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين التي تدخل في تكوين البروتين. | A<br>G<br>C<br>U |
| ثنائية | كل نيوكليوتيدتين تمثل شفرة حمض أميني واحد وبالتالي فإن عدد الأحماض الأمينية يساوي ٢٤ = ١٦. | احتمال مرفوض لأنه لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين التي تدخل في تكوين البروتين. | AA AG AC AU<br>GA GG GC GU<br>CA CG CC CU<br>UA UG UG UU |

**ثلاثية**

كل ٣ نيوكليوتيدات تمثل شفرة حمض أميني واحد وبالتالي فإن عدد الأحماض الأمينية يساوي $٤^٣$ = ٦٤.

احتمال مقبول لأنه أكبر من عدد الأحماض الأمينية المطلوبة.

| AAA | GAA | CAA | TAA |
|---|---|---|---|
| AAG | GAG | CAG | TAG |
| AAC | GAC | CAC | TAC |
| AAT | GAT | CAT | TAT |
| AGA | GGA | CGA | TGA |
| AGG | GGG | CGG | TGG |
| AGC | GGC | CGC | TGC |
| AGT | GGT | CGT | TGT |
| ACA | GCA | CCA | TCA |
| ACG | GCG | CCG | TCG |
| ACC | GCC | CCC | TCC |
| ACT | GCT | CCT | TCT |
| ATA | GTA | CTA | TTA |
| ATG | GTG | CTG | TTG |
| ATC | GTC | CTC | TTC |
| ATT | GTT | CTT | TTT |

**للاطلاع فقط**

| القاعدة الأولى | القاعدة الثانية | | | | القاعدة الثالثة |
|---|---|---|---|---|---|
| | **U** | **C** | **A** | **G** | |
| **U** | **UUU**<br>Phenylalanine | **UCU**<br>Serine | **UAU**<br>Tyrosine | **UGU**<br>Cystein | **U** |
| | **UUC**<br>Phenylalanine | **UCC**<br>Serine | **UAC**<br>Tyrosine | **UGC**<br>Cysteine | **C** |
| | **UUA**<br>Leucine | **UCA**<br>Serine | **UAA**<br>STOP | **UGA**<br>STOP | **A** |
| | **UUG**<br>Leucine | **UCG**<br>Serine | **UAG**<br>STOP | **UGG**<br>Tryptophan | **G** |
| **C** | **CUU**<br>Leucine | **CCU**<br>Proline | **CAU**<br>Histidine | **CGU**<br>Arginine | **U** |
| | **CUC**<br>Leucine | **CCC**<br>Proline | **CAC**<br>Histidine | **CGC**<br>Arginine | **C** |
| | **CUA**<br>Leucine | **CCA**<br>Proline | **CAA**<br>Glutamine | **CGA**<br>Arginine | **A** |
| | **CUG**<br>Leucine | **CCG**<br>Proline | **CAG**<br>Glutamine | **CGG**<br>Arginine | **G** |
| **A** | **AUU**<br>Isoleucine | **ACU**<br>Threonine | **AAU**<br>Asparagine | **AGU**<br>Serine | **U** |
| | **AUC**<br>Isoleucin | **ACC**<br>Threonine | **AAC**<br>Asparagine | **AGC**<br>Serine | **C** |
| | **AUA**<br>Isoleucine | **ACA**<br>Threonine | **AAA**<br>Lysine | **AGA**<br>Arginine | **A** |
| | **AUG** (START)<br>Methionine | **ACG**<br>Threonine | **AAG**<br>Lysine | **AGG**<br>Arginine | **G** |
| **G** | **GUU**<br>Valine | **GCU**<br>Alanine | **GAU**<br>Asparagine | **GGU**<br>Glycine | **U** |
| | **GUC**<br>Valine | **GCC**<br>Alanine | **GAC**<br>Asparagine | **GGC**<br>Glycine | **C** |
| | **GUA**<br>Valine | **GCA**<br>Alanine | **GAA**<br>Glutamic acid | **GGA**<br>Glycine | **A** |
| | **GUG**<br>Valine | **GCG**<br>Alanine | **GAG**<br>Glutamic acid | **GGG**<br>Glycine | **G** |




للاطلاع فقط

3′ 5′ 3′ 3′ 3′

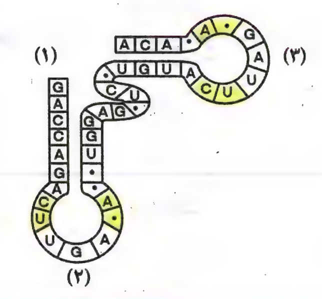
Phe (F) Leu (L) Ser (S) Tyr (Y) Cys (C) Trp (W) Leu (L) Pro (P) His (H) Gln (Q) Arg (R) Ile (I) Met (M) Thr (T) Asn (N) Lys (K) Ser (S) Arg (R) Val (V) Ala (A) Asp (D) Glu (E) Gly (G)

▶ Start
■ Stop

جدول الشفرات




**٥ من خلال دراستك للشكل المقابل : أي مما يلي يمكن أن يعبر عن موقع مضاد كودون صحيح ؟**



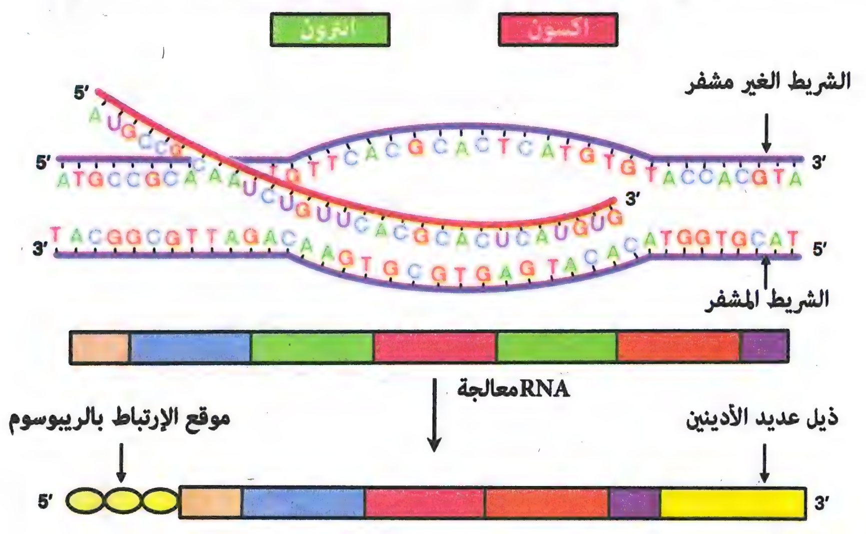

(أ) ٢ فقط
(ب) ٣ فقط
(ج) ١ أو ٢
(د) ٢ أو ٣

**٦ أي من الخصائص التالية تميز r-RNA عن كلًا من tRNA و mRNA في حقيقيات النواة؟**

(أ) مكان نسخه
(ب) وجود عديد النسخ من جيناته
(ج) موقع أداء وظيفته
(د) وحدات بنائه



٧ الشكل التالي يوضح عملية نسخ mRNA ثم معالجته قبل خروجه من النواة ، ادرسه جيدا ثم أجب :




**أي مما يلي لا يمكن استنتاجه من الشكل؟**

Ⓐ ذيل عديد الأدينين يضاف لجزئ mRNA بعد النسخ ولا ينسخ من الجين
Ⓑ حدوث طفرة في مناطق الاكسون يؤدي إلي تغير نوع البروتين الناتج
Ⓙ حدوث طفرة في مناطق الانترون لايؤدي إلي تغير نوع البروتين الناتج
Ⓓ يتم نسخ موقع الارتباط بالريبوسوم قبل أن ينسخ كودون AUG

---

٨ الشكل البياني المقابل يعبر عن كمية أحد العناصر الموجودة في إحدى خلايا حقيقيات النواة خلال عملية النسخ وحتى انتهائها . افحص الشكل جيداً ثم استنتج :

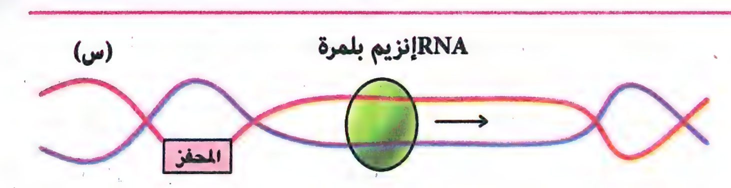
أي الوحدات البنائية التالية يعبر عنها الحرف (ص) ؟

(ص)
الزمن

Ⓐ (نيوكليوتيدة أدينين ريبوزية)
Ⓑ (نيوكليوتيدة ديوكسي ريبوزية)
Ⓙ (حمض أميني)
Ⓓ (جليسريد ثلاثي)

---

٩ افحص الشكل المقابل جيداً ثم استنتج :ما الذي يعبر عن الشريط المشار إليه بالحرف (س) ؟




Ⓐ شريط RNA اتجاهه 5⟵3
Ⓑ شريط RNA اتجاهه 3⟵5
Ⓙ شريط DNA اتجاهه 5⟵3
Ⓓ شريط DNA اتجاهه 3⟵5




## تخليق البروتين Protein synthesis

| | |
|---|---|
| مكان الحدوث | يحدث في السيتوبلازم داخل الخلايا الحية. |
| التراكيب المستخدمة | • الريبوسومات. • حمض RNA الرسول mRNA. • حمض RNA الناقل tRNA. • أحماض أمينية. • بعض الإنزيمات. |
| المراحل | ١ بدء عملية الترجمة. ٢ استطالة سلسلة عديد الببتيد. ٣ توقف عملية بناء البروتين. |

خطوات تخليق البروتين

### آلية تخليق البروتين

تتم عملية تخليق البروتين على ٣ خطوات أساسية كالتالي:

### أولا بدء عملية الترجمة

١ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة بجزيء mRNA من جهة الطرف (٥) بحيث يكون أول كودون به AUG متجهًا إلى أعلى (وهو الوضع الصحيح للترجمة)

٢ تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزيء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الميثيونين أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد التي ستبنى.

٣ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالمركب السابق (تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة و mRNA و tRNA) وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين.

## ثانيا استطالة سلسلة عديد الببتيد

**تبدأ سلسلة عديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات:**

أ) يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA في موقع الأمينو أسيل (A) حاملاً الحمض الأميني الثاني في سلسلة عديد الببتيد.

ب) • يحدث **تفاعل نقل الببتيديل** الذى ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الأول والثاني بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.
• يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونيًا آخر، أما tRNA الآخر يحمل الحمضين الأمينيين معًا.

ج) • يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA بحيث يصبح موقع الأمينو أسيل (A) خاليًا ويصبح الحمض الأميني الثاني أمام موقع الببتيديل (P) على الريبوسوم.
• تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع (A).
• ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على جزيء tRNA الثالث ثم يتكرر التتابع.

**تفاعل نقل الببتيديل**

تفاعل كيميائي يحدث في الريبوسومات وينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين حمض أميني والحمض الذى يليه بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.

## ثالثا توقف عملية بناء البروتين

تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA حيث يرتبط بروتين عامل الإطلاق بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتي الريبوسوم عن بعضهما البعض، وتتحرر سلسلة عديد الببتيد النامية.

بمجرد أن يبرز الطرف (٥) لجزيء mRNA من الريبوسوم يرتبط به تحت وحدة ريبوسوم صغيرة جديدة لتبدأ دورة أخرى في بناء البروتين وهكذا.

**عامل الإطلاق**

بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزيء mRNA مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتي الريبوسوم عن بعضهما البعض وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة.

**ملحوظات**

• عادة ما يتصل بجزيء mRNA الواحد عدد من الريبوسومات قد يصل إلى مائة ريبوسوم حيث يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويسمى في هذه الحالة «عديد الريبوسوم».






لاحظ أن : كلما كان الريبوسوم قريبًا من الطرف ٣ كلما كانت السلسلة البروتينية قد اقتربت من النهاية فتكون أطول من تلك المحمولة على الريبوسوم القريب من الطرف ٥.

## عديد الريبوسوم Polysome

اتصال جزيء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA.

## استنتاجات

- الجزيء الذي يحمل لغتي الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات هو mRNA ، بينما الجزيء الذي يقرأ لغتي الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات هو tRNA .
- تلعب الجينات الموجودة على DNA دورًا مباشرًا وغير مباشرٍ في تخليق البروتين، حيث إن:
  - بعض جينات DNA تنسخ إلى mRNA يحمل شفرات يتم ترجمتها إلى تتابع من الأحماض الأمينية والتي تكون البروتين (دور مباشر).
  - بعض جينات DNA تنسخ إلى rRNA يدخل أربعة أنواع منه في بناء الريبوسومات والتي تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية )دور غير مباشر).
  - بعض جينات DNA تنسخ إلى tRNA المسئول عن نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات لتخليق البروتين (دور غير مباشر).

## ملحوظات

- تفاعل نقل الببتيديل يحدث عند موقع الببتيديل وليس موقع الأمينو أسيل في تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة وذلك لأنها تحتوي على الإنزيم المنشط للتفاعل.
- يرتبط بروتين عامل الإطلاق بكودون الوقف عند موقع الأمينو أسيل وليس موقع الببتيديل وذلك لأنه يكون فارغا عند وصول الريبوسوم لكودون الوقف.
- اتجاه tRNA يكون في عكس اتجاه mRNA أثناء عملية الترجمة وذلك حتى تتكون الروابط الهيدروجينية بشكل سليم أثناء تعرف مضاد الكودون في tRNA على الكودون في mRNA.
- كل حركة للريبوسوم على mRNA تعادل مقدار كودون واحد فقط.
- يلاحظ من الصورة وجود مقص في نهاية عملية الترجمة وهو رمز لأحد الإنزيمات المسئولة عن فصل الحمض الأميني المثيونين بعد عملية الترجمة فليس من الضروري وجود المثيونين في كل سلاسل عديدات الببتيد المتكونة وإنما يمثل الكودون الخاص به إشارة لبدء عملية الترجمة فحسب.
- يتحرك الريبوسوم على شريط mRNA في اتجاه واحد فقط وهو ٥´ ← ٣´.
- يكثر وجود مركبات عديد الريبوسوم في الخلايا النشطة التي تكون البروتينات بشكل مستمر مثل البنكرياس وخلايا الجهاز الهضمي بينما يقل وجودها نسبيا في الخلايا الأقل نشاطا مثل خلايا العظام والغضاريف.
- قد تحدث طفرة جينية نتيجة تغير في التركيب الكيميائي ولا ينشأ عنها بروتين مختلف؛

- لأنه عند استبدال النيوكليوتيدة بأخرى على DNA قد تكون شفرة وراثية جديدة لنفس الحمض الأميني وذلك لأن بعض الأحماض الأمينية يكون لها أكثر من شفرة وعند نسخها تترجم إلى نفس الحمض الأميني فيظل تركيب البروتين كما هو.

أو

- قد يحدث ذلك نتيجة استبدال النيوكليوتيدة بأخرى لإحدى التتابعات التي ينشأ عن نسخها كودون وقف بحيث يعطى شفرة أخرى تصلح أن تكون كودون وقف لأن ثلاثية شفرته على DNA قد تكون (ACT-ATT-ATC) وبالتالي لا يؤثر على البروتين الناتج.

## تطبيقات

- في شريط mRNA توجد القاعدة النيتروجينية اليوراسيل (U) بدلًا من القاعدة النيتروجينية الثايمين (T) الموجودة في DNA.
- الكودون يتكون من ٣ نيوكليوتيدات على شريط mRNA وبالتالي يكون:

$$\text{عدد الكودونات} = \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات mRNA}}{٣}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات شريط DNA المفرد}}{٣}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات جزيء DNA المزدوج}}{٦}$$

- أقصى عدد من أنواع الكودونات أو الشفرات على mRNA = $٤^{٣}$ =٦٤.
- أقصى عدد من أنواع الكودونات أو شفرات الأحماض الأمينية على mRNA = ٦٤ - ٣ (كودونات وقف) = ٦١.
- أقصى عدد محتمل من أنواع مضادات الكودونات على tRNA = ٦١.
- عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة mRNA = عدد الكودونات على mRNA - ١ (كودون وقف).
- عدد الروابط الببتيدية في سلسلة عديد الببتيد = عدد الأحماض الأمينية - ١.

| ثلاثية الشفرة على DNA | الكودون على mRNA | مضادات الكودون على tRNA |
|---|---|---|
| TAC | AUG (كودون بدء) | UAC |
| ACT | UGA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| ATC | UAG (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| ATT | UAA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |

## أمثلة

1. لديك جين يحمل التتابعات التالية على أحد أشرطته: (الثانوية الأزهرية - دور أول - ٢٠١٧)

3´..T-A-C-T-C-C-T-T-T-T-A-C-T-C-C-A-T-T.. 5´

١- اكتب تتابع القواعد النيتروجينية على جزيء mRNA المنسوخ من الشريط السابق.
٢- كم عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزيء mRNA.
٣- كم عدد أنواع الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزيء mRNA ؟
٤- كم عدد أنواع tRNA المستخدمة في ترجمة mRNA ؟ ولماذا ؟
٥- اكتب مضادات الكودونات على tRNA.
٦- كم عدد الروابط الببتيدية في سلسلة عديد الببتيد الناتجة ؟
٧- كم عدد اللفات الكاملة للجين ؟ مع تفسير إجابتك.




الإجابة:

١. ´3 ..... A-A-U-G-G-A-G-U-A-A-A-A-G-G-A-G-U-A .....´5

٢ـ ٥ أحماض أمينية. ٣ـ ٣ أنواع فقط.

٤- ٣ أنواع فقط؛ لأن لكل حمض أميني نوع خاص من tRNA يتعرف عليه ثم يقوم بنقله ويرجع ذلك إلى وجود تكرار في الشفرتين AUG، AGG مرتين من نفس التتابع ولكل منهما نفس الشفرة لنفس الحمض الأميني فيكون لكل منهما نوع واحد فقط من tRNA وليس نوعين. ٥ـ UAC - UCC - UUU - UAC - UCC

٦ـ عدد الروابط الببتيدية = عدد الأحماض الأمينية - ١ = ٥ - ١ = ٤ روابط.

٧ـ عدد اللفات الكلي = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات على شريط DNA}}{١٠}$ = $\frac{١٨}{١٠}$ = ١,٨ لفة.

عدد اللفات الكاملة = ١ لفة فقط.

② لديك قطعة من جزيء DNA تحمل التتابعات التالية على أحد أشرطتها:

´3..... TAC GGA ACT CGT TAC ATT ..... ´5

١. اكتب تتابع النيوكليوتيدات في قطعة mRNA المنسوخة من هذه القطعة.

٢. احسب عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة، مع التفسير.

الإجابة

١ - ´3 ..... AUG CCU UGA GCA AUG UAA .....´5

٢- عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة= ٢ فقط؛ بسبب وجود كودون وقف في منتصف التتابع تنتهي عنده آلية تخليق البروتين بعد ترجمة شفرتين فقط وهو الكودون UGA حيث يرتبط به بروتين عامل الإطلاق مما يجعل الريبوسوم ينفصل عن mRNA وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة وذلك قبل وصول الريبوسوم إلى كودون الوقف الموجود في نهاية التتابع فتنتهي عملية الترجمة.

③ إذا علمت أن كودون حمض الجلايسين GGA وكودون حمض الأرجنين AGG وكودون حمض الجلوتاميك GAG، اكتب ترتيب القواعد النيتروجينية في اللولب المزدوج الذي يعطي الأحماض الثلاثة بنفس الترتيب، مضيفًا إليهم كودون بدء وكودون وقف.

الإجابة

نبني شريط mRNA أولًا كالتالي:

| | كودون بدء | | | | كودون وقف | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ´5..... AUG | GGA | AGG | GAG | UAG ..... ´3 | |
| - شريط DNA: | ´3..... TAC | CCT | TCC | CTC | ATC ..... ´5 | |
| - الشريط المكمل: | ´5..... ATG | GGA | AGG | GAG | TAG ..... ´3 | |

④ إذا علمت أنه ينتج عن ترجمة شريط mRNA سلسلة عديد ببتيد بها ٣٠٠ حمض أميني، احسب:

١- عدد النيوكليوتيدات الموجودة على mRNA

٢- عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA المنسوخ منها هذا الشريط.

الإجابة

- عدد النيوكليوتيدات على mRNA = (عدد الأحماض الأمينية X ٣) + ٣ (كودون وقف)

= (٣٠٠ X ٣) + ٣ = ٩٠٣ نيوكليوتيدة.

٢- عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA = عدد النيوكليوتيدات على mRNA X ٢ = ٩٠٣ X ٢ = ١٨٠٦ نيوكليوتيدة.

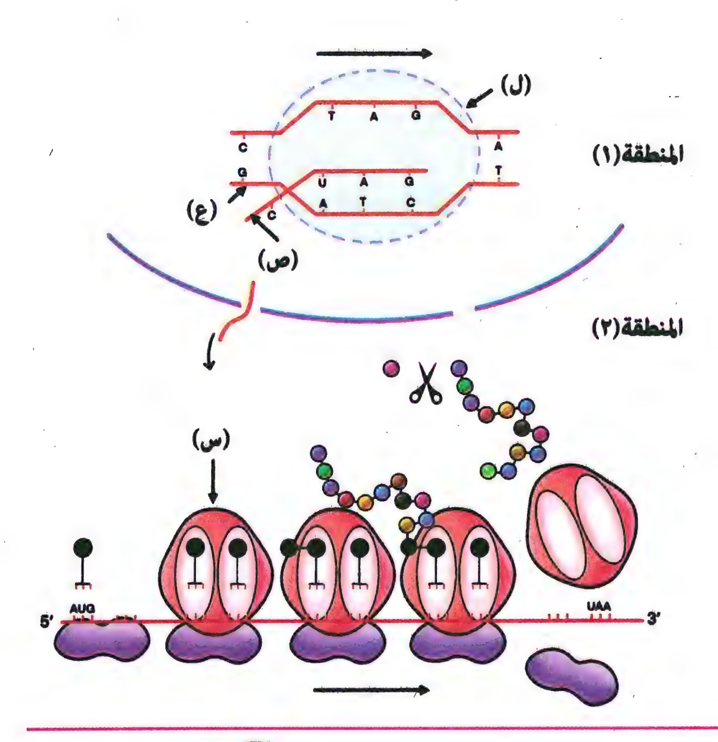


## الأداء الذاتي

**١٠** **من خلال دراستك للشكل المقابل :**

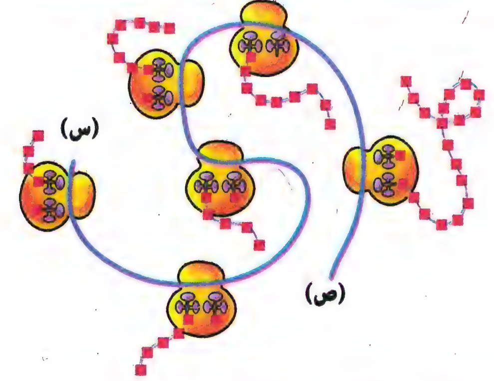
**أي الجزيئات التالية تنتقل من المنطقة (٢) إلى المنطقة (١) ؟**

Ⓐ س
Ⓑ ص
Ⓒ ع
Ⓓ ل




**١١** **أي العبارات التالية صحيحة عن الشكل المقابل ؟**

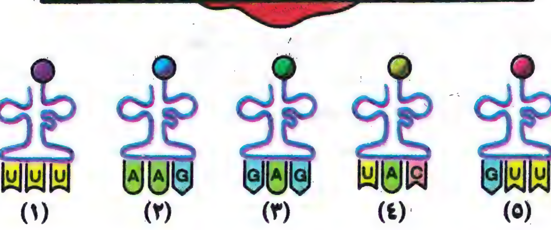
Ⓐ الطرف ( س ) يمثل `5 ويحتوى على موقع الارتباط بالريبوسوم.
Ⓑ الطرف ( س ) يمثل `3 ويحتوى على ذيل عديد الأدنين.
Ⓒ الطرف ( ص ) يمثل `5 ويرتبط عنده بروتين عامل الإطلاق.
Ⓓ الطرف ( ص ) يمثل `3 ويحتوى على كودون البدء.




**١٢** **ادرس الشكل التالي ثم أجب : أي جزيئات tRNA سوف يرتبط بجزيء mRNA في الموقعين (س ، ص) علي الترتيب ؟**

Ⓐ ١ ، ٤
Ⓑ ٢ ، ٣
Ⓒ ٣ ، ٤
Ⓓ ١ ، ٢






**١٣** **إذا كان** تتابع القواعد على أحد شريطى DNA هو

3... TAC CCC TTT TAC TCC TTT GGG ACT CAC GGG ATT...5

**فكم عدد** أنواع جزيئات tRNA المشاركة في تكوين عديد الببتيد ؟

ⓐ (٥) ⓑ (٧) ⓒ (٩) ⓓ (٨)

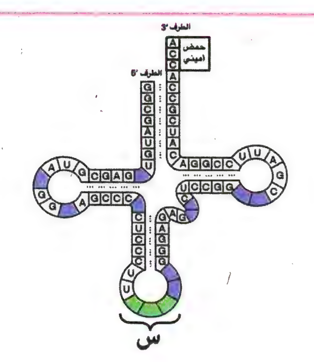
---

**١٤** إذا علمت أن نسبة قواعد الجوانين في الشريط القالب تساوي ٢٠٪ وعدد قواعد السيتوزين في الشريط المكمل يساوي ٣٠ قاعدة، فكم يكون عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة mRNA الخاص بهذا الجين ؟

ⓐ 49 ⓑ 50 ⓒ 99 ⓓ 100

---

**١٥** ادرس الشكل المقابل ثم أجب :




أي التتابعات التالية لا يمكن أن ينسخ منها التتابع الموجود بالموقع (س) ؟

ⓐ TGA
ⓑ ATT
ⓒ TAC
ⓓ ATC



## التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية) Genetic engineering

أحد مجالات العلم الحديث الذي يهتم باستخدام المادة الوراثية في العديد من التطبيقات الحياتية لحل العجز الجيني لخلايا الجسم أو إنتاج جينات تعمل بكفاءة أعلى بهدف التغلب على المشكلات الاجتماعية والاقتصادية والصحية والبيئية.

## أهم تطبيقات التكنولوجيا الجزيئية

١ عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه داخل خلية بكتيرية أو خلايا فطر الخميرة مثل جين إنتاج هرمون الأنسولين لعلاج مرض البول السكري.

٢ مقارنة التركيب الجيني داخل خلايا نفس الفرد أو خلايا أفراد مختلفة لتشخيص الأمراض الوراثية أو الأمراض الناتجة عن حدوث طفرات في تركيب الجين.

٣ التحليل البيوكيميائي للمحتوى الجيني لمعرفة نوع وترتيب النيوكليوتيدات المكونة لكل جين.

٤ التعرف على ترتيب الأحماض الأمينية المكونة لبروتين معين مثل الأنسولين وبالتالي التوصل إلى ترتيب النيوكليوتيدات المكونة للجين الذي سينسخ منه البروتين.

٥ نقل جينات وظيفية من خلايا إلى خلايا أخرى سواء نباتية أو حيوانية بهدف تحسين النسل واكتساب صفات وراثية جديدة.

٦ **بناء جزيئات DNA حسب الطلب كالتالي:**

- في عام ١٩٧٩م :

تمكن العالم الهندي الأصل (أمريكي الجنسية) خورانا Khorana من إنتاج جين صناعي وإدخاله إلى خلايا بكتيرية.

- حديثًا:

يوجد في المعامل نظم جينية يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوي على تتابع النيوكليوتيدات الذي ترغب فيه وذلك عن طريق إضافة النيوكليوتيدات المطلوبة وإنزيم البلمرة في أنابيب اختبار داخل مكان مخصص وبرمجة الآلة لربط النيوكليوتيدات ببعضها لتكوين الجين المطلوب.

٧ استخدام DNA المبني حسب الطلب في تجارب تخليق البروتين.




٨

دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين عن طريق تغيير الشفرة الوراثية لاستبدال حمض أميني بآخر مثل التجارب التي أجريت على بروتين الأنسولين لتغيير بعض الأحماض الأمينية ونتج عن ذلك تغير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للأنسولين المخلق صناعيا كزيادة مدة عمله في الجسم وإمكانية حقنه مرة واحدة بدلًا من ٤ مرات يوميًا.

# تقنيات التكنولوجيا الجزيئية

## تهجين الأحماض النووية

تكوين جزئ حمض نووي يتكون من شريطين أحدهما من كائن حي والشريط المتكامل معه من كائن آخر أيا كان نوع الشريطين سواء DNA أو RNA.

### آلية الحدوث

| الخطوات | المشاهدة | الشكل التوضيحي |
|---|---|---|
| ١ تمزج أحماض نووية DNA من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية مثل الإنسان والقرد). | — | لوالب مزدوجة أصلية للكائن (أ)<br>لوالب مزدوجة أصلية للكائن (ب)<br>رفع درجة الحرارة |
| ٢ ترفع درجة حرارة المزيج إلى 100 م | تنكسر الروابط الهيدروجينية الضعيفة الموجودة بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة فتنفصل جزيئات DNA إلى أشرطة مفردة غير ثابتة التركيب. | أشرطة مفردة<br>التبريد |
| ٣ يترك الخليط ليبرد | يعاد تكوين الروابط الهيدروجينية مرة أخرى بشكل تلقائي حيث تميل الأشرطة المفردة للوصول لحالة الثبات فيحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية بالإضافة إلى عدد من اللوالب المزدوجة المهجنة (DNA مهجن) التي يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين. | لوالب مزدوجة أصلية للكائن (ب)<br>لوالب مزدوجة هجينة<br>لولب مزدوج أصلي للكائن (أ)<br>أشرطة مفردة للكائن (أ) |

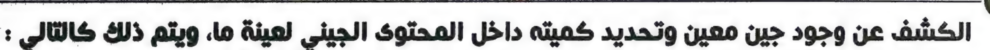
**الاستنتاج**
(الأساس العلمي)

**تتوقف شدة التصاق الشريطين في اللولب المزدوج على:**

- درجة التكامل بين تتابعات القواعد النيتروجينية ويمكن قياس شدة الالتصاق بمقدار الحرارة اللازم لفصل الشريطين عن بعضهما مرة أخرى فكلما كانت شدة الالتصاق كبيرة بين الشريطين زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما.
- يمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـDNA أو RNA على الالتصاق طويلاً في إنتاج لولب مزدوج هجين.

**ملحوظات**

- تتوقف درجة الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما على **درجة التكامل بين أزواج القواعد المتكاملة وعدد الروابط الهيدروجينية الموجودة بينها..**
وبالتالي **فإن الأشرطة التي تحتوي على كمية كبيرة من قواعد الجوانين والسيتوزين تتطلب درجة حرارة أكبر من تلك التي تحتوي على كمية كبيرة من قواعد الأدنين والثايمين لأنها ترتبط معا بثلاث روابط هيدروجينية (عند تساوي العدد الكلي للنيوكليوتيدات في الشريطين).**
- **درجة الحرارة المستخدمة لفصل الشريطين عن بعضهما في تجارب التهجين غير كافية لكسر الروابط التساهمية بين أجزاء النيوكليوتيدات؛ لأنها روابط أقوى نسبيًا من الروابط الهيدروجينية وأكثر منها ثباتًا.**
- DNA المهجن: **عبارة عن لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حي والشريط المتكامل معه من كائن آخر.**



## تطبيقات (استخدامات) DNA المهجن

**١**

**الكشف عن وجود جين معين وتحديد كميته داخل المحتوى الجيني لعينة ما، ويتم ذلك كالتالي :**

- يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة وذلك باستخدام نظائر مشعة (حتي يسهل التعرف عليه بعد ذلك).
- يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة.
- نستدل على وجود الجين وكميته في الخليط بالسرعة التي تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

**مثل:**

- الكشف عن وجود أحد الجينات المرضية مثل الجين BRCA الذي يستدل منه على وجود أورام الثدي لدى النساء.

**٢**

**تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية.**

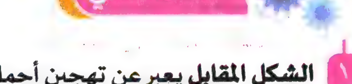
- حيث إنه كلما تشابه تتابع النيوكليوتيدات الموجودة في DNA بين نوعين مختلفين من الكائنات الحية وزادت درجة التهجين بينهما، كلما كانت العلاقات التطورية بينهما أقرب.

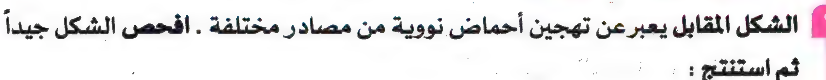
**مثل:**

الاستدلال على نظرية التطور من خلال درجة القرابة العالية بين الإنسان والشمبانزي.

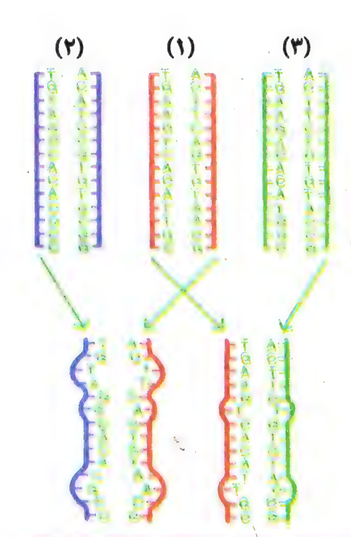








الأداء الذاتي




**١** **الشكل المقابل** يعبر عن تهجين أحماض نووية من مصادر مختلفة . **افحص الشكل جيداً ثم استنتج :**

**ما العلاقة التطورية الصحيحة ضمن العلاقات الآتية ؟**

ⓐ الكائن (٢) أقرب في العلاقة التطورية أكثر من الكائن (٣) إلى الكائن (١)
ⓑ الكائن (٣) أقرب في العلاقة التطورية أكثر من الكائن (٢) إلى الكائن (١)
ⓒ الكائن (٢) و (٣) لهما نفس درجة القرابة مع الكائن (١)
ⓓ الكائن (٢) و (٣) ليس لهما أي درجة قرابة مع الكائن (١)

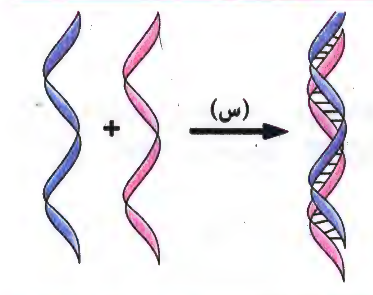
---

**٢** **أي التتابعات التالية يمكن استخدامها في الكشف عن التتابع** 3′..... AGAAGAGTA ....5′ ؟

ⓐ 3′..... TCTTCTCAT ....5′
ⓑ 5′..... TCTTCTCAT ....3′
ⓒ 3′..... TCTTCACAT ....5′
ⓓ 5′..... AGAAGAGTA ....3′

---

**٣** **افحص الشكل المقابل جيداً ثم استنتج:**

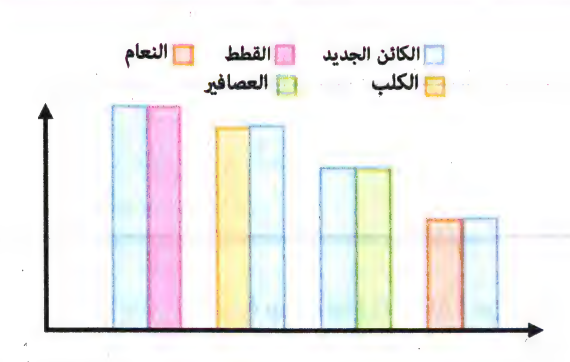



**ما التقنية التي يعبر عنها الشكل؟ وما الوسيلة (س) ؟**

ⓐ استنساخ تتابعات أحماض نووية / إنزيم الربط
ⓑ تهجين أحماض نووية / إنزيم الربط
ⓒ استنساخ تتابعات أحماض نووية / التبريد
ⓓ تهجين أحماض نووية / التبريد

---

**٤** اكتشف العلماء كائن حي جديد يرضع صغاره ولكنه يبيض ، تم إجراء تقنية تهجين الحمض النووي له مع العصافير والنعام والقطط والكلاب ، وتم قياس الحرارة اللازمة لفصل اللوالب الهجينة فظهرت النتائج الموضحة بالرسم البياني التالي ،ادرس الرسم البياني ثم اخترما هو صحيح بالنسبة للكائن الجديد ؟




ⓐ يمكن تصنيف هذا الكائن ضمن طائفة الطيور
ⓑ يمكن تصنيف هذا الكائن ضمن طائفة الثدييات
ⓒ صفات هذا الكائن أقرب ما يمكن إلى صفات النعام
ⓓ نتائج التجربة غير كافية لتحديد التصنيف الملائم



## إنزيمات القصر (القطع) البكتيرية

بروتينات محللة تكونها بعض سلالات البكتيريا والكائنات الدقيقة الأخرى لمقاومة الفيروسات المهاجمة لها عن طريق التعرف على مواقع معينة على DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة.

**العدد:** استطاع العلماء -حتى الآن- عزل عدد كبير جدا من إنزيمات القصر من الكائنات الحية الدقيقة قد يصل إلى أكثر من ٢٥٠ نوعًا.

**تاريخ اكتشافها:**

- لاحظ العلماء أن الفيروسات التي تنمو داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى.
- في السبعينات من القرن الماضي أرجع الباحثون عدم وجود هذه الفيروسات داخل سلالات أخرى من البكتيريا إلى أن هذه السلالات المقاومة للفيروسات تفرز إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزيء DNA الفيروسي الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة سميت فيما بعد بـ«إنزيمات القصر».
- مع تطور وسائل التحليل البيوكيميائي استطاع العلماء فصل عدد كبير من هذه الإنزيمات والتعرف على خصائصها والمقارنة بينها لمعرفة آلية عملها.

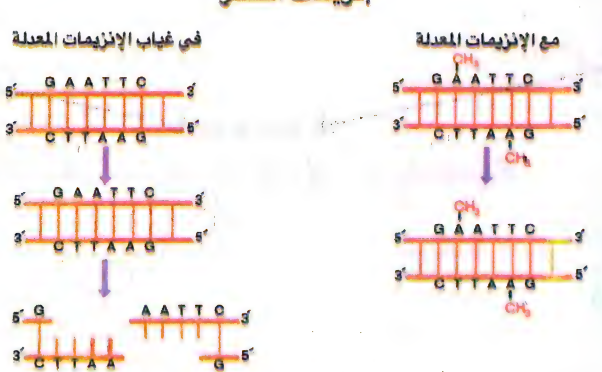
**آلية عملها:**

1. يتعرف كل إنزيم من إنزيمات القصر على تتابع معين يوجد على DNA مكون من (٤ : ٧) نيوكليوتيدات يعرف بـ«موقع التعرف» بغض النظر عن مصدر DNA (بكتيري - فيروسي - نباتي - حيواني).
2. يقص الإنزيم جزيء DNA عند هذا الموقع أو بالقرب منه بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موضع القطع هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في اتجاه ($5' \longrightarrow 3'$) تاركا أطرافا لاصقة مفردة.

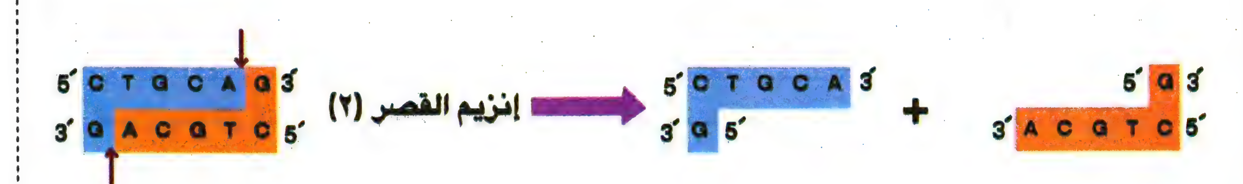
**ملحوظات**

1. إنزيمات القصر لا تتكون في البكتيريا إلا بعد إصابتها بالفيروس لذا يمكن اعتبارها أحد خطوط الدفاع المناعية التي تكونها البكتيريا لحماية نفسها من غزو الكائنات الممرضة.
2. لا تهاجم إنزيمات القصر البكتيرية الحمض النووي DNA الخاص بالبكتيريا رغم احتوائه على العديد من مواقع التعرف، وذلك لأن هذه الأنواع من البكتيريا تفرز إنزيمات معدلة تضيف مجموعة ميثيل CH3 إلى النيوكليوتيدات في مواقع جزيء DNA البكتيري التي تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيري مقاومًا لفعل هذه الإنزيمات وبذلك تحافظ الخلية البكتيرية على DNA الخاص بها من التحلل.
3. تفرز البكتيريا المقاومة للفيروسات الإنزيمات المعدلة أولا ثم إنزيمات القصر حتى لا تتحلل مادتها الوراثية.

**إنزيمات القصر**



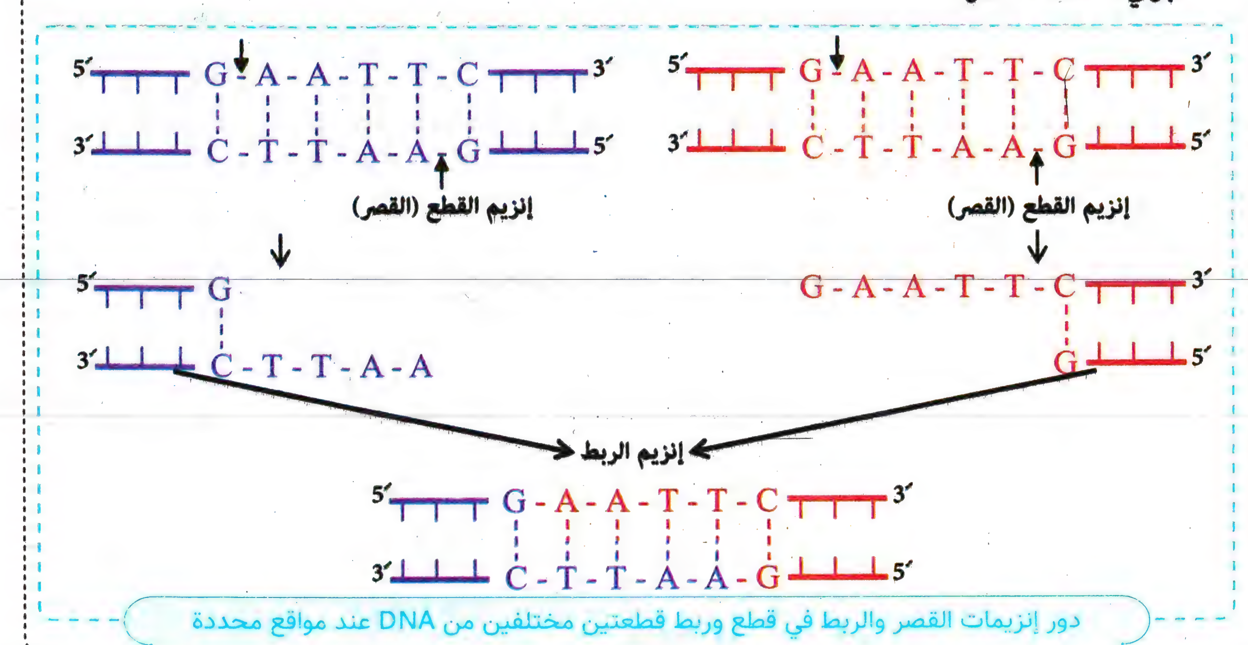
٤) لكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزيء DNA بغض النظر عن مصدره وذلك لأن كل جزيئات DNA تتكون من نفس النيوكليوتيدات الأربعة وبالتالي يستطيع إنزيم القصر قطع جزئ DNA بغض النظر عن مصدره (فيروسي أو بكتيري أو نباتي أو حيواني) ما دام هذا الجزء يحتوي على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف.




٥) إنزيمات القصر تعمل على تكسير الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد المتكاملة والروابط التساهمية عند مواقع محددة على DNA (مواقع التعرف) ، بينما إنزيم الديوكسي ريبونيوكليز يحلل DNA كله تحليلا كاملا إلى مستوى النيوكليوتيدات.

### دور إنزيمات القصر في تطبيقات الهندسة الوراثية:

- توفر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة «أطرافًا لاصقة» وهي عبارة عن أشرطة مفردة مائلة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع أطراف قطعة أخرى لشريط آخر ينتج من استخدام نفس الإنزيم على أي DNA آخر ثم يتم ربط الشريطين معًا إلى شريط واحد باستخدام إنزيم ربط، وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزيء DNA بقطعة أخرى من جزيء DNA آخر.



دور إنزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعتين مختلفين من DNA عند مواقع محددة

## استنساخ تتابعات DNA

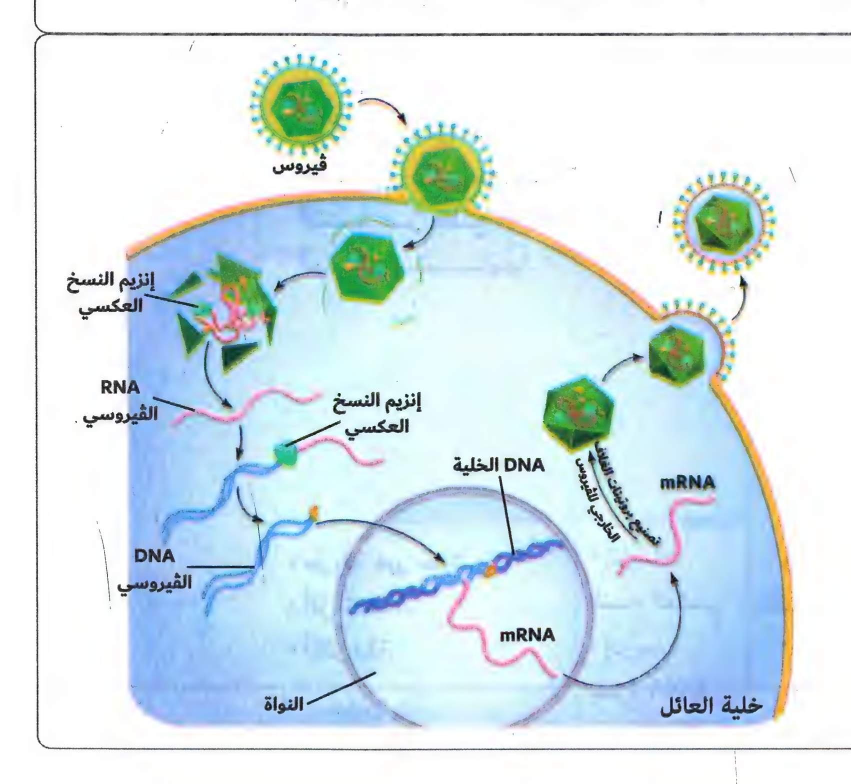
الحصول على عدد كبير من النسخ لأحد الجينات المطلوبة كجين الأنسولين من خلال إضافته لمزرعة بكتيرية أو فطر الخميرة عن طريق البلازميد أو باستخدام وسائل تكنولوجية حديثة كجهاز PCR.

## طرق الحصول على تتابعات DNA (الجينات) المراد استنساخها

| الطريقة | الخصائص | الإنزيمات | الآلية |
|---|---|---|---|
| ١ فصل DNA (من المحتوى الجيني للخلية) | • طريقة مباشرة.<br>• أكثر تعقيدًا.<br>• أقل دقة.<br>• يمكن من خلالها الحصول على ملايين النسخ من قطع DNA المراد استنساخها. | • إنزيمات القصر | - يتم الحصول على المحتوى الجيني للخلية (فصل كمية DNA الموجودة بها) باستخدام تقنيات مختلفة اشهرها إضافة الإيثانول المجمد إلى أنبوبة اختبار تحتوي على بعض خلايا الجسم<br>- يتم قص قطعة DNA (الجين) بواسطة إنزيمات القصر المخصصة لكل جين.<br>- يتم عزل الجين المراد استنساخه من الأنبوبة باستخدام تقنيات انتقائية مختلفة. |
| ٢ استخدام mRNA | • طريقة غير مباشرة.<br>• أقل تعقيدًا.<br>• أكثر دقة. | • إنزيمات النسخ العكسي<br>• إنزيمات بلمرة DNA | - يتم عزل mRNA من بعض الخلايا التي يكون بها الجين نشطًا، مثل:<br>• خلايا البنكرياس التي تُكون الأنسولين.<br>• الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء في نخاع العظام الأحمر التي تُكوِّن الهيموجلوبين.<br>- يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA يتكامل معه وذلك باستخدام إنزيم النسخ العكسي<br>- يتم بناء الشريط المتكامل مع شريط DNA المتكون بواسطة إنزيم بلمرة DNA فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه. |



## إنزيم النسخ العكسي

| | |
|---|---|
| مكان الوجود | توجد شفرته في الفيروسات التي محتواها الجيني RNA مثل فيروس الإيدز. |
| الوظيفة | ضمان تضاعف الفيروسات داخل خلية العائل وذلك لاحتواء السيتوبلازم في خلية العائل على إنزيمات محللة لـRNA. |
| آلية العمل | تحويل المادة الوراثية للفيروس من RNA إلى DNA يرتبط بخلية العائل فلا يتحلل في السيتوبلازم لعدم وجود إنزيمات محللة لـDNA في السيتوبلازم. |
| التأثير على الروابط الكيميائية | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة على شريط DNA. |
| الشكل التوضيحي |  |



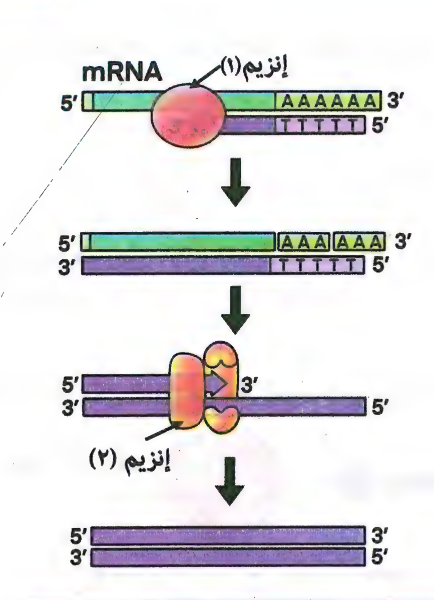
## الأداء الذاتي

في تجربة معملية تم استخراج جزيء DNA من خلية جناح بعوضة الأنوفيليس ومعالجته إنزيميا كما هو موضح على الشكل البياني المقابل. **افحص الشكل ثم استنتج :**

ما التغير المتوقع بالنسبة لدرجة ثبات جزيء DNA بعد فترة زمنية ؟

Ⓐ (س)
Ⓑ (ص)
Ⓒ (ع)
Ⓓ (ل)

٦ في الشكل المقابل:




الإنزيمين (١) ، (٢) على الترتيب هما ...................

Ⓐ إنزيم بلمرة RNA و إنزيم بلمرة DNA
Ⓑ إنزيم القصر و إنزيم الربط
Ⓒ إنزيم النسخ العكسي و إنزيم بلمرة DNA
Ⓓ إنزيم القصر وإنزيم النسخ العكسي

---

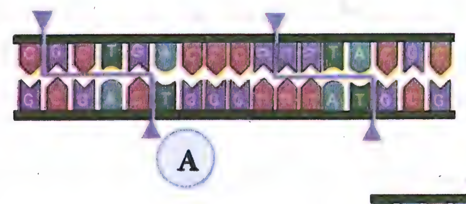
٧ من خلال دراستك للشكل المقابل أي البدائل التالية تمثل الإنزيم (س) والإنزيم (ص) على الترتيب ؟

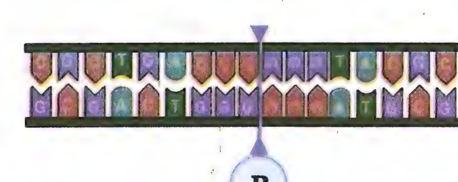


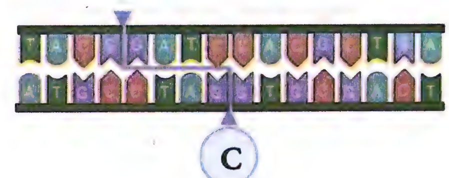

Ⓐ إنزيم النسخ العكسي – إنزيم الربط
Ⓑ إنزيم تاك بوليميريز – إنزيم بلمرة DNA
Ⓒ إنزيم بلمرة DNA – إنزيم النسخ العكسي
Ⓓ إنزيم النسخ العكسي – إنزيم بلمرة DNA

---

٨ الشكل المقابل يوضح آلية عمل ٣ إنزيمات قصر مختلفة ، ادرسه جيدا ثم أجب :




أي الإنزيمات الثلاثة يصلح لعزل جين محدد من المحتوى الجيني للخميرة ؟

Ⓐ الإنزيم (A)
Ⓑ الإنزيم (C)
Ⓒ الإنزيم (A) و الإنزيم (C)
Ⓓ الإنزيم (B) والإنزيم (C)




**٩** **إذا علمت أن الإنزيمات المعدلة ببكتريا ايشيريشيا كولاي تضيف ٦ مجموعات ميثيل للجزيء التالي لحمايته من تأثير أحد إنزيمات القصر:**

3'... AGCTTCGAATCGATGAATTCTAGGATCCAAGCTTCGAGC ...5'

5'... TCGAAGCTTAGCTACTTAAGATCCTAGGTTCGAAGCTCG ...3'

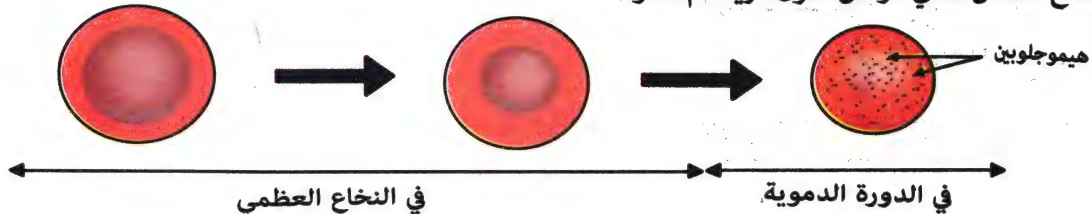
**فأي مما يلي قد يكون موقع التعرف الخاص بإنزيم القصر؟**

Ⓐ AGCT　Ⓑ CTAG　Ⓒ TCGA　Ⓓ AAGCTT

(أ) AGCT　(ب) CTAG　(ج) TCGA　(د) AAGCTT

---

**١٠** **يوضح الشكل التالي مراحل تكون كرية دم حمراء**




**أى المراحل فى الشكل يمكن من خلالها الحصول على mRNA لبروتين الهيموجلوبين ؟**

(أ) س فقط　(ب) ع فقط　(ج) س ، ص　(د) ص ، ع

## طرق استنساخ قطع DNA

### أ استخدام البلازميد أو الفاج

يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيمات القصر حتى تتعرف على نفس مواقع التعرف وتقص DNA عندها مكونة نفس الأطراف اللاصقة فتتزاوج قواعد النهايات اللاصقة للبلازميد مع نهايات القواعد اللاصقة للجين المراد استنساخه بروابط هيدروجينية ثم يتم ربط الاثنين معًا بروابط تساهمية بنفس إنزيم الربط.

↓

يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا أو خلايا الخميرة التي سبق معاملتها مسبقا بالحرارة وكلوريد الكالسيوم لزيادة نفاذيتها لـDNA حيث تدخل البلازميدات إلى داخل الخلايا وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجيني للخلية.

↓

يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات منها وعليها قطع الجين المستنسخة.

↓

يتم إطلاق الجين من نفس البلازميدات باستخدام نفس إنزيمات القصر التي سبق استخدامها.

↓

يتم عزل الجينات بالطرد المركزي المفرق.

وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجينات المتماثلة يستطيع تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها في خلايا أخرى أو استخدامها في تجارب التكنولوجيا الجزيئية.

قطعة من DNA

AAGCTT AAGCTT
TTCGAA TTCGAA

إنزيم القطع

AGCTT A
A TTCGA

طرف لاصق

بلازميد

AAGCTT
TTCGAA

R

إنزيم القطع

أطراف لاصقة

A TTCGA

AGCTT A

R

إنزيم الربط

A AGCTT TTCGA A

A AGCTT TTCGA A

R

بلازميد معاد الاتحاد

إدخال بلازميد معاد الاتحاد في خلية بكتيرية

DNA بكتيري

بكتريا منزوعة البلازميد

إدخال بلازميد معاد الاتحاد

تضاعف بلازميد معاد الاتحاد

استنساخ DNA

## ب استخدام جهاز Polymerase Chain Reaction (PCR)

### جهاز PCR

أحد الأجهزة الحديثة تم اختراعه بواسطة العالم الأمريكي كاري موليس عام ١٩٨٥ وأخذ عليه جائزة نوبل في الكيمياء.



جهاز PCR

**آلية عمله:** مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق باستخدام إنزيم تاك بوليميريز Taq Polymerase الذي يعمل عند درجة حرارة مرتفعة جدًا.

**أشهر استخداماته:**

1. معرفة ترتيب القواعد النيتروجينية في المحتوى الجيني وبالتالي سهولة تصنيف الكائنات الحية.
2. تشخيص بعض الأمراض الوراثية الناتجة عن وجود خلل في التركيب الجيني قبل أو بعد الولادة.
3. تشخيص بعض الأمراض الفيروسية مثل الإصابة بفيروس كورونا.
4. البحث الجنائي وقضايا إثبات النسب أو نفيه.

**عيوبه:** عدم إصلاح الأخطاء التي تحدث أثناء تضاعف قطع DNA لعدم وجود إنزيمات إصلاح عيوب DNA خارج الخلية.

- مقارنة بين إنزيم التاك بوليميريز وإنزيم بلمرة DNA:

| | إنزيم التاك بوليميريز | إنزيم بلمرة DNA |
|---|---|---|
| مكان الوجود | يتكون داخل نوع معين من البكتيريا التي تعيش في المياه الحارة ويتم استخراجه منها لاستخدامه في جهاز PCR خارج الخلايا. | يتكون داخل جميع الخلايا الحية سواء أوليات النواة أو حقيقيات النواة. |
| تأثير الحرارة | لا يتأثر بالحرارة العالية ويعمل في وجودها، ودرجة حرارته المثلى ٧٢ درجة مئوية. | يتأثر بالحرارة العالية ولا يعمل في وجودها. |
| الوظيفة | مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال عدة دقائق في جهاز PCR. | تضاعف DNA داخل الخلية عن طريق بناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة نيوكليوتيدات جديدة والربط بينها من البداية ٥ إلى النهاية ٣ لشريط DNA الجديد. |
| التأثير على الروابط الكيميائية | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة على شريط DNA والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المقابلة على الشريط الآخر. | |

## DNA معاد الاتحاد

عملية إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حي إلى خلايا كائن حي آخر.

يتخيل بعض العلماء أنه قد يأتي الوقت الذي يمكن فيه إدخال نسخًا من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب وبذلك نزيل عنهم المعاناة ونعفيهم من الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثي..

ومن الواضح أن هذه التكنولوجيا قد تكون خطرة جدًا لو استخدمت لتحقيق أغراض أخرى ولذلك هناك من يعارضون بشدة استمرار البحث في هذا المجال.

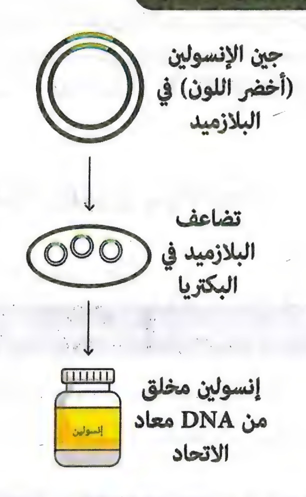
## التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

### ١ في مجال الطب

إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجاري واسع، مثل:

#### ١ إنتاج هرمون الأنسولين البشري الذي يحتاجه يوميا ملايين البشر المصابين بمرض السكر.

- رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام الأنسولين المعد بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد عام ١٩٨٢م لأول مرة.
- كان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشي والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة.
- تمكن العلماء من إدخال جينات الأنسولين داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبحت البكتيريا نفسها منتجة للأنسولين.
- الأنسولين البشري الذي تنتجه البكتيريا ما زال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشري وأنسولين الأنواع الأخرى.
- مع تحسين طرق الإنتاج قد يصير الأنسولين البكتيري أقل تكلفة.




#### ٢ إنتاج الإنترفيرونات Interferones

- **الإنتاج:** إدخال جينات الإنترفيرونات البشرية داخل خلايا بكتيرية وبذلك تصبح البكتيريا منتجة للإنترفيرونات وقد بلغ عدد هذه الجينات حوالي ١٥ جينا.
- **الأهمية:** وقف تضاعف الفيروسات خاصة التي يكون محتواها الجيني RNA مثل الإنفلونزا وشلل الأطفال والإيدز حيث تنطلق الإنترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروس إلى الخلايا المجاورة لها لتعمل على وقايتها من مهاجمة الفيروس.
- **الآمال حول الإنترفيرونات:** تخيل العلماء أنه يمكن استخدامها في علاج بعض الأمراض الفيروسية بالإضافة إلى بعض أنواع السرطان ولكن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون في علاج السرطان كانت مخيبة للآمال وقد يرجع ذلك لمشاكل تقنية يمكن التغلب عليها فيما بعد.
- **التكلفة:** كان الإنترفيرون المستخدم في الطب حتى عام ١٩٧٠م يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية لذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، وقد تمكن الباحثون في مصانع الأدوية في الثمانينات من إدخال ١٥ جينا بشريًا للإنترفيرون داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيرًا ورخيص الثمن نسبيًا.




## ب في مجال الزراعة

قد يتمكن الباحثون الزراعيون في القريب العاجل من:

١ ادخال جينات مقاومة المبيدات العشبية وبعض الأمراض الهامة لنباتات المحاصيل.

٢ عزل ونقل الجينات الموجودة في النباتات البقولية والتي تُمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوي في جذورها) إلى نباتات محاصيل أخرى لا تستطيع استيعاب هذه البكتيريا، ومن ثم يمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتي تسبب تلويث المياه في المناطق الزراعية.

**للاطلاع فقط**

- تستطيع بعض النباتات البقولية استضافة نوع معين من البكتيريا على العقد الجذرية الخاصة بها حيث تنشأ بينهما

علاقة تبادل منفع mutualism تتمثل في:
- حصول البكتيريا على الكربوهيدرات كمصدر تغذية من العقد الجذرية للبقوليات.
- تحويل البكتيريا النيتروجين الجوي الموجود في صورة غازية (لا تستطيع النباتات البقولية امتصاصه) إلى نيتروجين عضوي في صورة بروتينات تتحلل بعد ذلك لتعطي النيتروجين المعدني في صورة أملاح النترات أو الأمونيا مثلا يمكن لهذه النباتات امتصاصه والاستفادة به.

## ج في مجال التجارب والأبحاث

لقد تمكن الباحثون من:

١ زرع جين لون الياقوت الأحمر للعيون من سلالة من ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا) في خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية لجين من سلالة أخرى وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذي أضفى على الأجيال الناتجة عن هذه الأفراد صفة لون الياقوت الأحمر للعيون بدلاً من اللون البني.

٢ ادخال جين يحمل شفرة هرمون النمو من فار من النوع الكبير (او من انسان) الى فئران من النوع الصغير

فنمت هذه لفئران الصغيرة إلى ضعف حجمها الطبيعي، وقد انتقلت هذه الصفة إلى الأجيال التالية.

**القلق من مخاطر DNA معاد الاتحاد**

يعتري بعض العلماء القلق لأنه من المحتمل أن يتم إدخال جين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلايا بكتيرية وإطلاقها في العالم ولكن هذا الاحتمال ضعيف ؛ لأنه على الرغم من أن سلالات البكتيريا المستخدمة في تجارب DNA معاد الاتحاد هي E.coli التي تعيش في أمعاء الإنسان إلا أن السلالة المستخدمة في التجارب لم تعش داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال وقد تغيرت هذه البكتيريا فأصبحت غير قادرة على الحياة إلا في منازلها من أنابيب الاختبار.




بشري

س الوراثية الشائعة والنادرة.

عض الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.

صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.

خلال مقارنة الجينوم البشري بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

على الجينات المرضية في الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

ي إنسان يعيش على سطح الأرض من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان
ينوم البشري أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه.

## أهم الإنزيمات في باب البيولوجيا الجزيئية

| الأهمية البيولوجية | التأثير على الروابط الكيميائية |
|---|---|
| أن DNA هو المادة الوراثية وليس تين. | تكسير الروابط التساهمية والهيدروجينية وبالتالي يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا إلى مستوى نيوكليوتيدات مفردة. |
| رك في تضاعف DNA في أوليات نيات النواة. | تكسير الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد المتكاملة فيفصل اللولب المزدوج إلى شرائط مفردة. |
| رك في تضاعف DNA في أوليات نيات النواة. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المتقابلة بشكل تلقائي. |
| ارك في تضاعف DNA في أوليات قيقيات النواة.<br>لاح عيوب DNA.<br>دور هام في الهندسة الوراثية. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المتقابلة بشكل تلقائي. |
| الـDNA إلى RNA. | تكوين روابط تساهمية بين الريبونيوكليوتيدات المتجاورة. |



## الجينوم البشري

جموعــة الكاملــة مــن الجينــات الم
روموســومات الخليــة البشــرية.

في الخمسـينيات من القــرن الماضي، كان
الجينــات عبارة عن لولب مــزدوج من الحمــ
بعدها بدأ العلماء في البحث عن الجينات وتوالت ا

في عام ١٩٨٠ م ظهرت فكرة الجينوم البشري و

في منتصف الثمانينات
• يسبب زيادة الكولي
• يمهد للإصابة بالأ

حديثًا : توصــل العلماء إلــى وجود من ٦٠ :
وتعــرف المجموعة الكاملة للجينات بالجينوم ال

### ملحوظات

ترتب الكروموســومات من رقم (١) : (٢٣) حســب
لهذا الترتيب لأنه كروموســوم جنســي وباقي الكرو
يترتب في نهاية الكروموســومات ويحمــل الرقم (

### أمثلة لموضع الجينات التي تم تحديده

| الجين | • جين البصمة. (جين الطب الجنائي) | • جينات |
|---|---|---|
| الموضع | الكروموســوم الثامــن | الكرومو |

### استخدامات الجينوم ال

١ معرفة الجينات المسببة للأمرا

٢ معرفة الجينات المسببة لعجز

٣ الاستفادة منه في المستقبل في

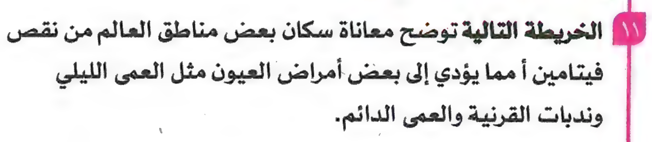
٤ دراسة تطور الكائنات الحية م

٥ تحسين النسل من خلال التعر

٦ تحديـد خصائـص وصفـات أ
منـوي، فيمكـن مـن خـلال ال

| | |
|---|---|
| الديوكسي ريبونيوكليز | إثبـا البر |
| اللولب | يشـ وحد |
| بلمرة DNA | يشـ وحد |
| الربط | • يشـ و • إصـ • يلـ |
| بلمرة RNA | نسخ |

| | | |
|---|---|---|
| الإنزيم المنشط لتفاعل نقل الببتيديل | يشارك في تخليق البروتين أثناء عملية ترجمة mRNA. | تكوين روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها لتكوين سلسلة عديد ببتيد. |
| القصر | • حماية البكتيريا والكائنات الدقيقة من مهاجمة الفيروسات لها.<br>• تستخدم في تجارب استنساخ تتابعات DNA. | تكسير الروابط التساهمية والهيدروجينية عند مواضع محددة على DNA تعرف بمواقع التعرف. |
| النسخ العكسي | • تضاعف الفيروسات التي محتواها الجيني RNA في خلية العائل.<br>• يستخدم في تجارب استنساخ تتابعات DNA. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة أثناء تكوين DNA من RNA . |
| إنزيم التاك بوليمريز | مضاعفة DNA في جهاز PCR. | تكوين روابط تساهمية بين النيوكليوتيدات المتجاورة والتي بدورها تكون روابط هيدروجينية مع النيوكليوتيدات المتقابلة بشكل تلقائي. |




**١١** **الخريطة التالية توضح معاناة سكان بعض مناطق العالم من نقص فيتامين أ مما يؤدي إلى بعض أمراض العيون مثل العمى الليلي وندبات القرنية والعمى الدائم.**

**من أجل ذلك قام مجموعة من الباحثين بإنتاج أرز معدل وراثيًا يسمى "الأرز الذهبي" والذي يختزن بجانب الكربوهيدرات نسبة عالية من بيتا كاروتين، الذي يتحول في جسم الإنسان إلى فيتامين أ.**

**في ضوء ذلك أجب:**




**(١) أين يمكن أن يتواجد بيتا كاروتين في الأرز المعدل وراثيا ؟**

Ⓐ الجنين Ⓑ القصرة
Ⓒ الإندوسبرم Ⓓ القشرة

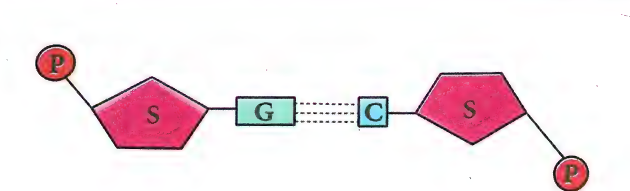
(أ) الجنين (ب) القصرة
(ج) الإندوسبرم (د) القشرة

**(٢) ما التكنولوجيا الحيوية المستخدمة في إنتاج هذا النوع من الأرز؟**

(أ) تهجين الحمض النووي (ب) حمض نووي معاد الاتحاد
(ج) زراعة الأنوية (د) زراعة الأنسجة

---

**١٢** ادرس الشكل، ثم أجب:




في أي نوع من الأحماض النووية يمكن ملاحظة هذا الازدواج ؟

(أ) الأطراف اللاصقة في DNA
(ب) DNA مُعاد الاتحاد
(ج) DNA عند درجة حرارة ١٠٠ °م
(د) mRNA

**١٣** يوضح **الشكل المقابل** أحد البلازميدات الطبيعية الموجودة ببكتريا لها القدرة على مقاومة أحد المضادات الحيوية، إذا تم استخدام هذا البلازميد لنقل جين هرمون النمو إلى أحد سلالات إيشيريشيا كولاي E.Coil منزوعة البلازميد.

موقع جين مقاومة أحد المضادات الحيوية

موقع تعرف إنزيمات القطع

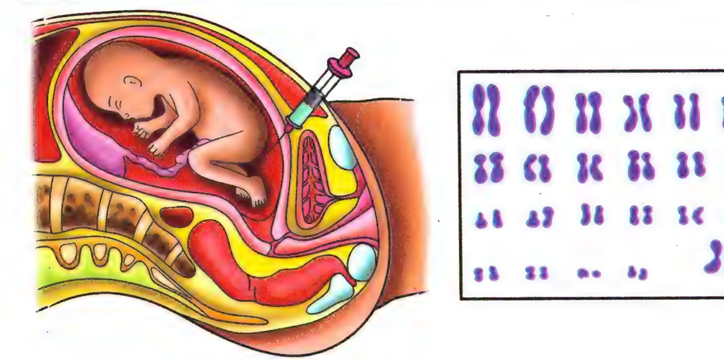
النشاط

**ما عدد الصفات الجديدة التي سوف تظهر على E.coli ؟**

Ⓐ ١ Ⓑ ٢ Ⓒ ٤ Ⓓ ٣



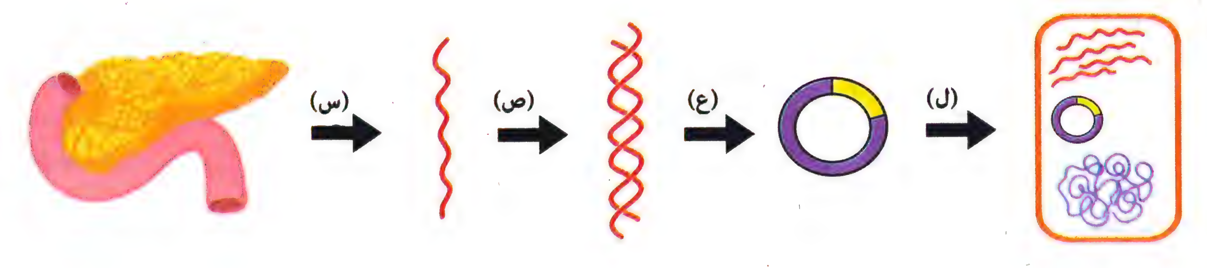
**١٤** تم إجراء تحليل السائل الأمنيوني لإحدى السيدات الحوامل فكانت النتائج كما هو موضح بالشكل:



**ما الأمراض التي يمكن تشخيصها عند فحص الصبغي الزائد ؟**

(أ) الهيموفيليا والبول السكري
(ب) أنيميا الخلايا المنجلية وعمى الألوان
(ج) الهيموفيليا وعمى الألوان
(د) فقر الدم والعمى اللوني

**١٥** **ادرس الشكل المقابل جيدا ثم أجب :**




**أي الخطوات علي الشكل يشارك فيها إنزيم له أثر هدمي ؟**

(أ) س (ب) ص
(ج) ع (د) ل

**١٦** أي الخلايا التالية في حشرة الدروسوفيلا إذا تم تطبيق تقنية DNA معاد الاتحاد عليها يمكن توريث صفة لون الياقوت الأحمر للعيون إلى أبناء أنثى لا تمتلك هذه الصفة ؟

(أ) خلايا قزحية العين
(ب) خلايا الخصية
(ج) خلايا الجناح
(د) خلايا الأرجل



# إجابات أسئلة الأداء الذاتي






# إجابات الفصل الأول

## الدعامة والحركة في الكائنات الحية



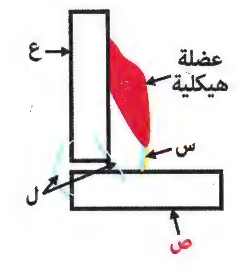

### الدرس الأول

### الدعامة في الكائنات الحية

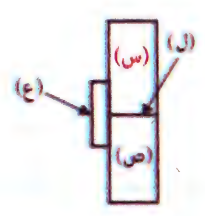
| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | ب | ب | ج | ج | د | ج | ج | ب | د |
| (١٠) | (١١) | (١٢) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | (١٦) | (١٧) | (١٨) |
| د | د | ج | د | ج | أ | د | د | ب | أ |
| (١٩) | (٢٠) | (٢١) | (٢٢) | (٢٣) | (٢٤)(١) | (٢٤)(٢) | (٢٥) | | |
| أ | ب | أ | أ | ج | ج | أ | د | | |

### ملاحظات على الأسئلة :

- السؤال (٢٥) يتم إضافة البيان (ص) إلى الرسم.




- السؤال (٢١) يتم إضافة البيان (س) إلى الرسم.







### الدرس الثاني

### الحركة في الكائنات الحية

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | د | د | أ | ب | د | أ | أ | ج | أ |
| (١١) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | (١٦) | (١٧) | | | |
| ب | ب | ج | ج | ب | د | د | | | |



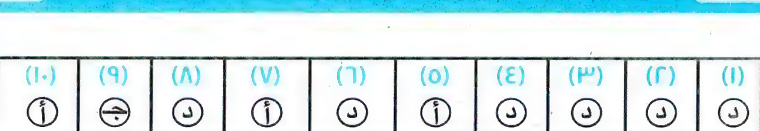
### ملاحظات على الأسئلة :

السؤال (١٤) يتم استبدال صورة الاختيار (ج) بـ




## إجابات الفصل الثاني

### التنسيق الهرموني في الكائنات الحية



#### الدرس الأول

من بداية الفصل حتى نهاية الغدة النخامية

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| د | د | د | د | أ | د | أ | د | ج | أ |



#### الدرس الثاني

من بداية الغدة الدرقية حتى نهاية الفصل الثاني

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ج | ج | د | ب | ج | أ | د | د | ب | ج |
| (١١) | (١٢) | (١٣) | (١٤)(١) | (١٤)(٢) | | | | | |
| ب | د | ب | د | ج | | | | | |

الباب 1

## إجابات الفصل الثالث

### التكاثر في الكائنات الحية




#### الدرس الأول

طرق التكاثر في الكائنات الحية

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| د | أ | ج | أ | ب | ب | د | د | أ | ج |
| (١١) | (١٢) | | | | | | | | |
| أ | ب | | | | | | | | |



## الدرس الثاني
### تابع طرق التكاثر في الكائنات الحية

| (١) | (٢) | (٣) | (٤)(١) | (٤)(٢) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| د | ب | ب | د | ب | د | جـ | ب | أ | ب |
| (١٠) | (١١) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | | | | |
| ب | أ | د | ب | د | د | | | | |

## الدرس الثالث
### النباتات الزهرية

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | جـ | ب | د | ب | أ | د | ب | جـ | ب |
| (١١) | (١٢) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | (١٦) | (١٧) | (١٨) | (١٩) |
| جـ | د | جـ | ب | ب | ب | جـ | جـ | جـ | ب |



## الدرس الرابع
### من بداية التكاثر في الإنسان حتى نهاية دورة الطمث

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| د | أ | أ | جـ | أ | د | ب | أ | جـ | د |
| (١١) | (١٢) | (١٣) | | | | | | | |
| د | جـ | د | | | | | | | |



## الدرس الخامس
### من بداية الإخصاب حتي نهاية التكاثر في الإنسان

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جـ | جـ | د | ب | د | أ | د | د | جـ | أ |
| (١١) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | (١٦) | (١٧) | | | |
| ب | ب | ب | ب | جـ | أ | جـ | | | |

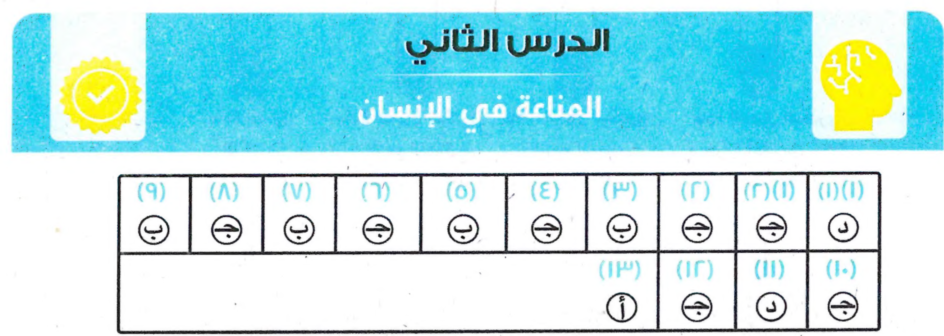








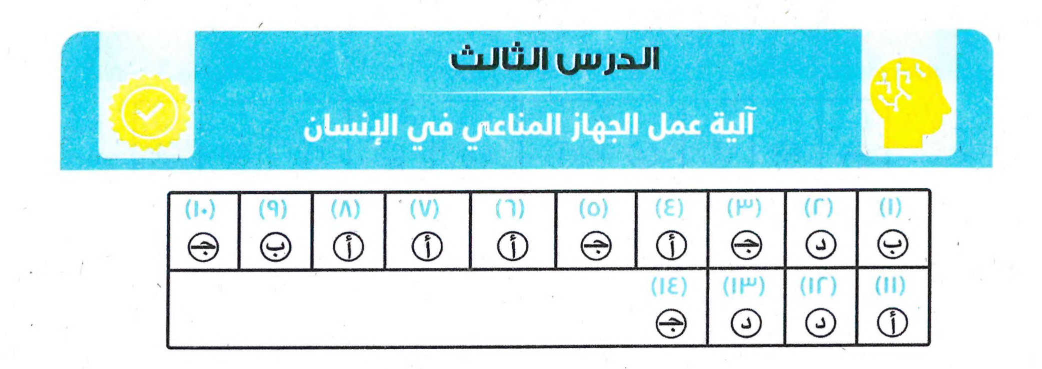
| (١) | (١)(٢) | (٢)(٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | د | ب | ب | ب | أ | جـ | د |




| (١)(١) | (١)(٢) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| د | جـ | جـ | ب | جـ | ب | جـ | ب | جـ | ب |
| (١٠) | (١١) | (١٢) | (١٣) | | | | | | |
| جـ | د | جـ | أ | | | | | | |

## ملاحظات على الأسئلة :

السؤال (١) تعديل البيان (س) الذي يشير للوعاء الدموي ذي اللون الأزرق إلى (ص).




| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | د | جـ | أ | جـ | أ | أ | أ | ب | جـ |
| (١١) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | | | | | | |
| أ | د | د | جـ | | | | | | |





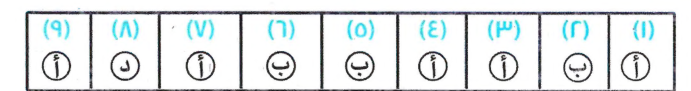
# الباب 2

## إجابات الفصل الخامس

## الحمض النووي DNA والمعلومات الوراثية

### الدرس الأول

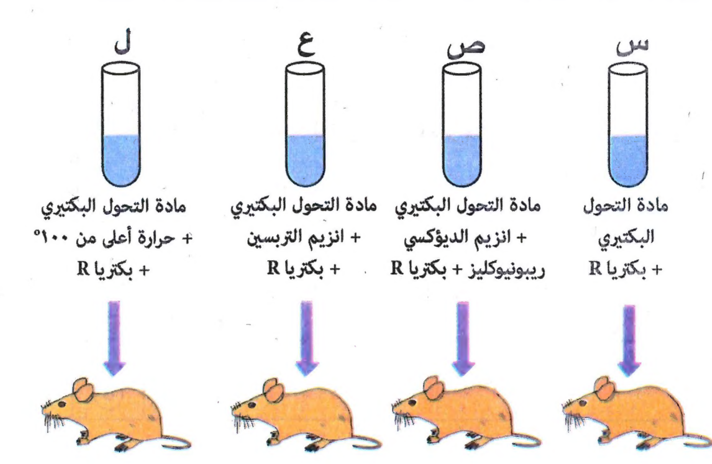
### جهود العلماء في معرفة المادة الوراثية



| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | ب | أ | أ | ب | ب | أ | د | أ |

**ملاحظات على الأسئلة :**

السؤال (٢) ضبط موضع R




### الدرس الثاني

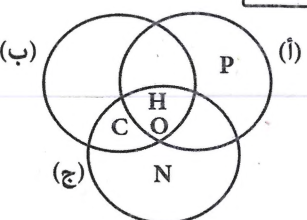
### الحمض النووي DNA



| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | ب | د | د | ب | أ | د | أ | جـ | جـ |
| (١١) | (١٢) | (١٣)(١) | (١٣)(٢) | (١٣)(٣) | (١٤) | | | | |
| جـ | د | جـ | ب | د | ب | | | | |

**ملاحظات على الأسئلة :**

السؤال (٣) تصحح الرسمة كما يلي ينقل حرفي O و H إلى الفراغ أسفله كما هو موضح.





## الدرس الثالث

### تابع الحمض النووي DNA

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| أ | د | د | د | د | أ | د | جـ | أ |

# الباب 1

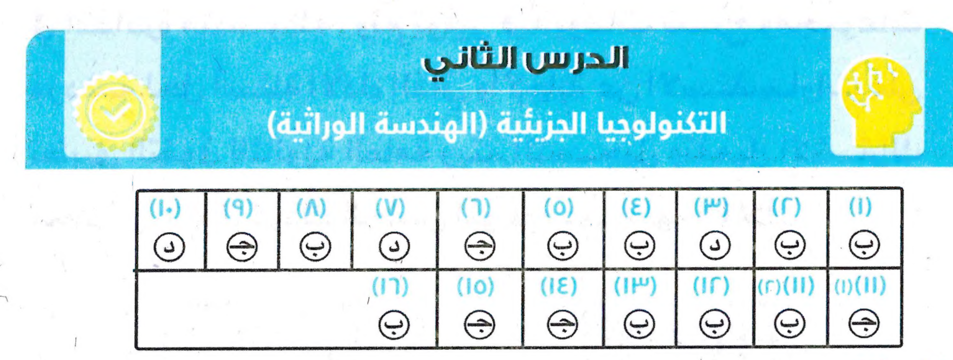
## إجابات الفصل السادس

### الأحماض النووية وتخليق البروتين

## الدرس الأول

### RNA وتخليق البروتين

| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جـ | ب | جـ | ب | د | ب | د | أ | جـ | د |
| (١١) | (١٢) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | | | | |
| أ | أ | أ | أ | أ | أ | | | | |



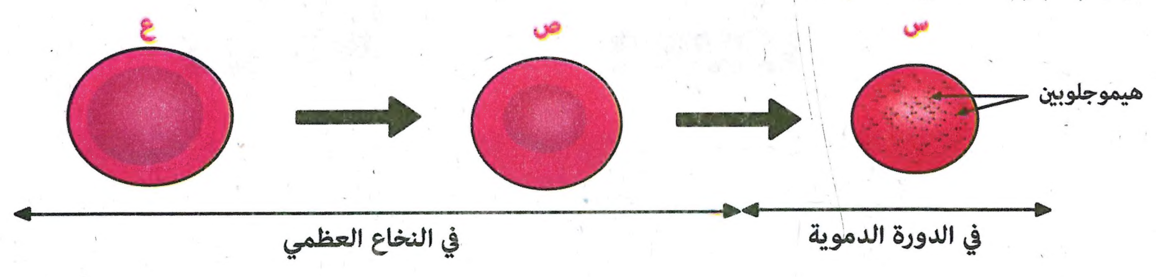
## الدرس الثاني

### التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

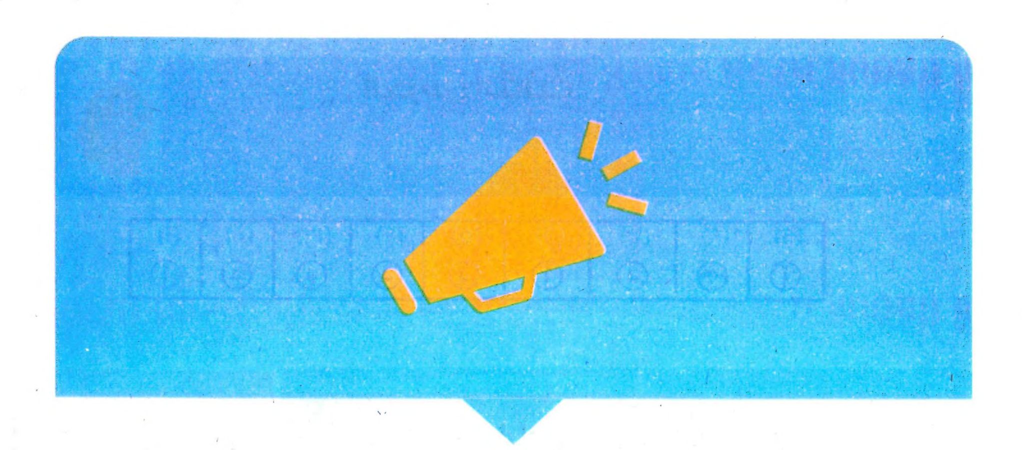
| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) | (٨) | (٩) | (١٠) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ب | ب | د | ب | ب | جـ | د | ب | جـ | د |
| (١١)(١) | (١١)(٢) | (١٢) | (١٣) | (١٤) | (١٥) | (١٦) | | | |
| جـ | ب | ب | ب | جـ | جـ | ب | | | |

## ملاحظات على الأسئلة :

السؤال (١٠) إضافة البيانات.




السؤال (١٦) تستبدل كلمة (الخصية) في الاختيار (ب) بكلمة (المبيض)؛ لأن السؤال خاص بالأنثى.



# تنويه

عزيزي الطالب يرجى العلم أن أسئلة الأداء الذاتي هي أفكار الامتحانات الوزارية والاسترشادية لآخر ثلاثة أعوام وأسئلة تُحاكيها ويخاطب بعضها المستويات العليا من التفكير، وتم وضعها في كتاب الشرح للتعرف على التصور العام لأسئلة الامتحانات ومدى اعتمادها على الفهم والتطبيق والتحليل، فتكون بوصلتك في المذاكرة منضبطة، وتم توفير فيديوهات شرح ومجموعات دردشة لحل أسئلة الأداء الذاتي والإجابة عن الاستفسارات على تطبيق التفوق للثانوية العامة ويتم التسجيل وتفعيل الاشتراك مجانًا من خلال كودك الخاص الموجود على ظهر الغلاف.

